

# **Estrategias de mejora del desempeño energético en edificios existentes mediante la aplicación de protecciones solares.**

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

---

Trabajo final de grado.  
Curso Académico 2019-2020

Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
Universidad Politécnica de Valencia

---

Autor: Charles Joseph Edward Hellicar  
Tutor: José Luis Higón Calvet

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA

## ***Resumen y palabras clave***

### **CASTELLANO**

Uno de los factores más relevantes a la hora de diseñar un edificio es su propio entorno, en concreto el soleamiento que se produce en dicho entorno. Sin embargo, no es algo que se suele considerar como punto de partida y su omisión puede acabar condicionando negativamente la eficiencia energética del edificio. El presente trabajo de final de grado propone el estudio extensivo de un edificio en el que se detecta una posibilidad de mejora y el diseño de un sistema de protecciones solares, cuya propia geometría permite la captación solar durante los meses de invierno al mismo tiempo que la obstruye durante los meses de verano.

**PALABRAS CLAVE:** Aportación térmica, Arquitectura Sostenible, Eficiencia energética, Consumo energético, Protección solar, Calefacción, Refrigeración.

### **VALENCIÀ**

Un dels factor més rellevants a l'hora de dissenyar un edifici és el seu propi entorn, en concret el solejament que es produïx en dit entorn. No obstant això, no és quelcom que es sol considerar com a punt de partida i la seua omisió pot acabar condicionant negativament l'eficiència energètica de l'edifici. El present TFG proposa l'estudi extensiu d'un edifici en què es detecta una possibilitat de millora i el disseny d'un sistema de proteccions solars, on la pròpia geometria del qual permet la captació solar durant els mesos d'hivern alhora que l'obstruïx durant els mesos d'estiu

**PARAULES CLAU:** Aportació tèrmica, Arquitectura Sostenible, Eficiència energètica, Consum energètic, Protecció solar, Calefacció, Refrigeració.

### **ENGLISH**

One of the most relevant factors when designing a building is its very own environment, the sun exposure produced in said environment to be precise. However, this factor is not something normally considered as a starting point of the design process and can negatively condition the energy efficiency of the building. The present work proposes an extensive study of a building with an opportunity of improvement and the design of solar protection systems that through their geometric form allow the capture of solar radiation during the Winter months and blocks solar radiation during the Summer.

**KEYWORDS:** Thermal input, Architectural sustainability, Energy efficiency, Energy Consumption, Solar protection, Heating, Cooling.

## ÍNDICE.

1.	PRESENTACIÓN .....	1
1.1.	INTRODUCCIÓN ANTECEDENTES. ....	1
1.2.	ORIGEN DE LA CUESTIÓN. POLÉMICA Y MOTIVACIÓN. ....	2
1.3.	OBJETIVOS DEL TRABAJO. ....	6
2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS. ....	7
1.4.	GEOMETRÍA SOLAR .....	7
1.4.1.	Coordenadas Geográficas .....	7
1.4.2.	Coordenadas astronómicas.....	8
1.5.	BÓVEDA CELESTE. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL.....	9
1.5.1.	Movimiento Anuo. ....	9
1.5.2.	Movimiento Diurno.....	10
1.5.3.	Representación gráfica del movimiento solar. ....	12
1.5.3.1.	Elaboración de la Carta Solar Estereográfica.....	13
1.5.3.2.	La Carta Solar Estereográfica .....	14
1.5.3.3.	Elaboración de la Carta Solar Cilíndrica.....	16
1.5.3.4.	La Carta Solar Cilíndrica. ....	18
1.5.4.	Cálculo de Obstrucciones.....	19
1.5.4.1.	Método de los planos límite .....	21
1.5.5.	Diseño de protecciones solares. ....	23
1.5.5.1.	La Carta Bioclimática de Giovanni. ....	23
1.5.5.2.	Objetivos de las Protecciones Solares. ....	24
3.	PROCEDIMIENTO PRÁCTICO .....	29
4.	DESARROLLO PRÁCTICO .....	30
1.6.	ELECCIÓN DEL EDIFICIO.....	30
1.7.	TOMA DE DATOS. MODELADO 3D. ....	32
1.8.	EXTRACCIÓN DE PANORÁMICAS. BÓVEDA CELESTE.....	36
1.9.	INTRODUCCIÓN DE DATOS. CE3X. ....	45
1.9.1.	Datos administrativos y generales.....	45
1.9.2.	Envolvente térmica. Zonas.....	46
1.9.3.	Envolvente térmica. Cubierta. ....	47
1.9.4.	Envolvente térmica. Suelos.....	48
1.9.5.	Envolvente térmica. Muros de fachada. ....	49
1.9.6.	Envolvente térmica. Huecos. ....	53
1.9.7.	Envolvente térmica. Máscara de Sombras.....	56

4.4.8.	Instalaciones. ....	69
4.5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIONES SOLARES. ....	75
4.5.1.	ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DEFICIENTES. ....	75
4.5.2.	MORFOLOGÍA DE LAS PROTECCIONES.....	78
4.5.2.1.	Incorporación de las protecciones solares. Consecuencias. ....	90
4.5.2.2.	Imágenes panorámicas de las protecciones colocadas. ....	90
4.5.2.3.	Obtención de las máscaras de sombras. ....	92
5.	DISCUSIÓN. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	101
6.	CONCLUSIONES.....	105
7.	BILBIOGRAFÍA.....	106



## **1. PRESENTACIÓN**

### **1.1.INTRODUCCIÓN ANTECEDENTES.**

Siendo España un país mediterráneo es fácil de observar que la arquitectura tradicional siempre ha guardado un vínculo con el clima de su entorno. Las edificaciones, en especial las viviendas, se diseñaban con cerramientos con una gran inercia térmica además de elementos de protección para los huecos presentes para evitar excesos de incidencia de radiación solar. Estos cerramientos presentan una capacidad de mantener el calor absorbido durante la temporada de invierno y también conservar el interior ligeramente más frío que el exterior durante la temporada de verano. No obstante, con la aparición del movimiento moderno llegó la tendencia de sustituir este diseño tradicional por nuevas características proyectuales como las grandes superficies vidriadas sin ningún tipo de protección, generando así problemas de confort higrotérmico en los espacios interiores.

El Movimiento Moderno cogió fuerza en la primera mitad del siglo XX en Europa, con unas líneas de que provocaron un alejamiento importante del lenguaje arquitectónico del momento y las tendencias compositivas tradicionales. El rápido crecimiento y desarrollo de las ciudades dio lugar a una generación de un nuevo orden, alejándose cada vez más del clima y naturaleza del lugar. El movimiento aportó importantes cambios en el diseño de edificios con innovaciones en la configuración de los espacios, su composición y estética. Lo más destacable reside en su simplificación de formas, la eliminación de ornamentaciones, el concepto de una visual de enormes ventanas divididas mediante perfiles metálicos notables y unos espacios interiores diáfanos y bien iluminados. El origen de esta corriente surge de la denominada escuela Bauhaus que dio lugar a arquitectos reconocidos como Mies Van der Rohe, Le Corbusier, Walter Gropius, o Erich Mendelshon.

Durante esta época, el vidrio se convirtió en el elemento principal para conseguir la estética de una arquitectura inmaterial que era una de las metas del Movimiento. Pasó a ser el punto de partida del diseño de las fachadas con su papel principal de envolvente, una tendencia que comenzó en el Norte de Europa y acabó siendo introducido en la arquitectura española donde el clima mediterráneo tiene poco que ver con el del origen del estilo moderno.

Esto conllevó a un diseño de edificaciones que daba particular importancia hacia la imagen exterior que generaba, pero no consideraba las condiciones térmicas en el interior que se alejaban de las condiciones óptimas de confort.

Hoy en día ya se está concienciando sobre la importancia de la sostenibilidad y empieza a tomar relevancia en el diseño arquitectónico. Sin embargo, las nuevas generaciones de arquitectos cuentan con la herencia de estos edificios con posibilidades energéticas de mejora generadas por su propio diseño.

Sin duda el vidrio es un material muy interesante para aplicar en cerramientos por sus numerosas características y ventajas; la elegancia y ligereza de su transparencia, la insinuación de lo inmaterial, su aportación de iluminación natural esencial para la vida diaria... por lo que más que nunca es imprescindible emplear el vidrio en el diseño de cerramientos de forma correcta y premeditada, con el fin de evitar consecuencias no deseadas como son el efecto invernadero, aportaciones de radiación solar excesivas que producen un sobrecalentamiento en el interior o incluso deslumbramientos. La arquitectura debe ser pensada tomando en cuenta las condiciones de partida que presenta su entorno para poder crear un correcto diálogo entre arquitectura, sol y naturaleza.

En el trabajo a desarrollar se enfocará el análisis en un edificio real y construido, cuyas fachadas cuentan con un porcentaje elevado de elementos de fenestración. Es decir, el vidrio desarrolla un papel protagonista en la composición de la envolvente. Esto conlleva una posibilidad de mejora energética debido a la gran cantidad de acondicionamiento térmico requerido, ya existe una alta incidencia de radiación solar en los meses de verano. Esto se traduce a un elevado consumo energético para alcanzar los niveles de confort.

Llevado a cabo el análisis, se propone un estudio a fondo sobre esta temática para diseñar y desarrollar un sistema de protecciones solares eficientes y particulares para el edificio elegido. Consistirá en realizar una comparación de eficiencia energética de antes y después de la aplicación del sistema. Una vez llevado a cabo, se trata de realizar una reflexión crítica sobre las consecuencias que puede generar el uso excesivo e indebido del vidrio en orientaciones perjudicadas.

## 1.2. ORIGEN DE LA CUESTIÓN. POLÉMICA Y MOTIVACIÓN.

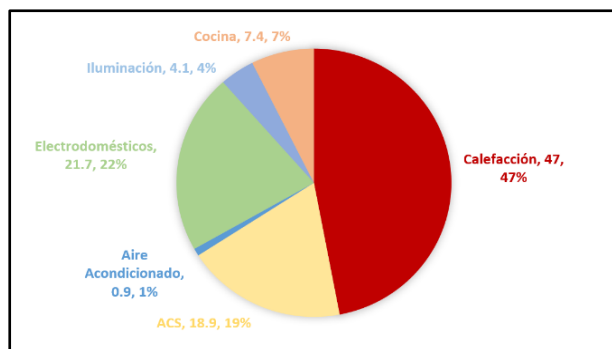
Una de las motivaciones principales para desarrollar este proyecto proviene del interés de diseñar arquitectura sostenible. Hoy en día no se puede despreciar el elevado consumo energético requerido para acondicionar un espacio interior hasta alcanzar los niveles de confort para la actividad humana.

Según el Instituto de Estadística de España, en el año 2017 un **18,60%** del total de energía eléctrica consumida por el país corresponde al sector residencial. De este porcentaje, según una consulta del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), un **43%** corresponde a un consumo de calefacción, mientras que no más de un **0,95%** se destina a refrigeración. No obstante, si se centra en análisis solamente en España y se divide en tres subzonas climáticas; Zona del Mediterráneo, Zona Continental y Atlántico Norte, se demuestra que en la Zona del Mediterráneo existe el menor consumo energético dirigido a la calefacción y el mayor consumo energético en refrigeración .

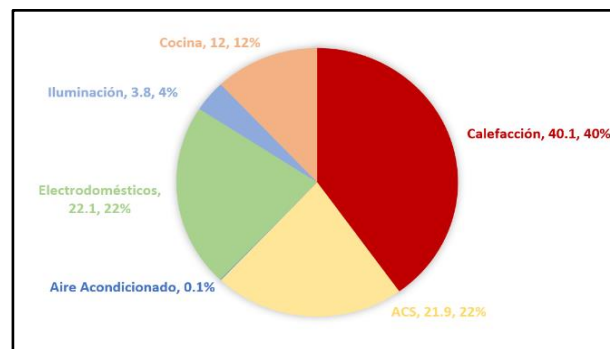
En la parte inferior de esta página se incluye una tabla desglosando el consumo exacto en cada una de las tres zonas, comprobando así la diferencia existente en viviendas en referencia a la tasa energética de calefacción y refrigeración (mediante aire acondicionado) según su zona climática. Es necesario destacar que, en la Zona del Mediterráneo, el ámbito de estudio de este proyecto existe una tasa del **66,70%** en refrigeración comparado con el **1,10%** de la zona del Atlántico Norte.

	ZONA CLIMÁTICA		
	Atlántico Norte	Continental	Mediterráneo
CALEFACCIÓN	92,8%	95,1%	86,2%
AGUA CALIENTE SANITARIA	99,9%	99,7%	99,9%
COCINA	100,0%	100,0%	100,0%
AIRE ACONDICIONADO	1,1%	39,3%	66,7%
ILUMINACIÓN	100,0%	100,0%	100,0%
ELECTRODOMÉSTICOS			

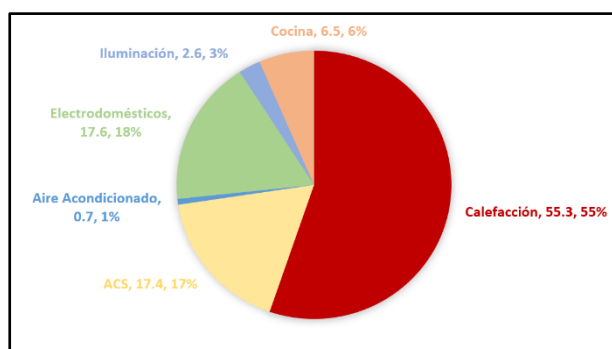
Imagen adjunta 1 Tasa equipamiento en los hogares según zona.



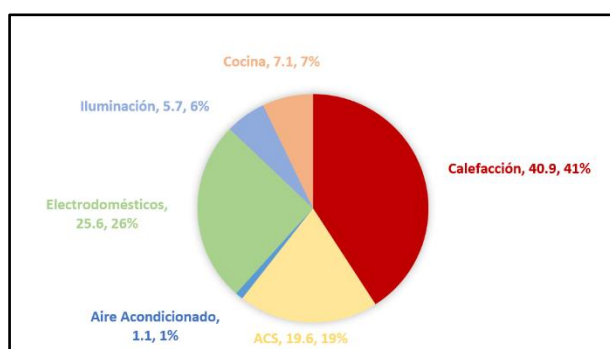
*Imagen adjunta 2. Consumo en el sector residencial en España.*



*Imagen adjunta 3. Consumo en el sector residencial en Atlántico Norte.*



*Imagen adjunta 4. Consumo en el sector residencial en Zona Continental.*



*Imagen adjunta 5. Consumo en el sector residencial en Zona Mediterránea.*

Con estos datos y estadísticas, se pretende enfatizar que el gasto energético para la refrigeración no se puede ignorar a la hora de computar el consumo total y tampoco se puede olvidar que estos porcentajes solamente representan el consumo en viviendas sin reflejar la cifra que pueden contener. Es decir, además de este consumo en viviendas, hay que tener en cuenta la existencia de otras estancias no residenciales (industria, restauración, etc.) que pueden llegar a tener una mayor tasa de refrigeración especialmente en la zona climática del Mediterráneo.

La segunda motivación para realizar este tipo de proyecto es el interés en corregir el uso indebido del vidrio en situaciones perjudicadoras y arreglar los problemas que provoca. Los usuarios de edificios sujetos a un uso inconsciente del material y orientaciones inadecuadas acaban desarrollando molestias día tras día causadas por el sobrecalentamiento en el interior del edificio, que pueden derivar en problemas de salud y consecuencias médicas. Más adelante, se ha incluido algunas noticias y artículos relevantes al tema a desarrollar.

La primera solución a esta polémica claramente es el diseño correcto de cerramientos con huecos, pero ya que el objeto de estudio se encuentra edificado en su totalidad, se va a plantear una solución que consiste en el diseño de un sistema de protecciones solares con el fin de limitar al máximo el sobrecalentamiento de estos espacios interiores además de captar el calor producido cuando interesa.

CONSUMOS DE ENERGÍA FINAL POR USOS DEL SECTOR RESIDENCIAL (ktep) <sup>(1)</sup> . Años 2010 a 2017						
Datos cerrados a diciembre de 2018						
Año 2017						
Fuente energética	Calefacción	Refrigeración	ACS	Cocina	Iluminación y electrodomésticos	TOTAL
Electricidad	443.4	140.5	449.6	559.3	4,427.8	6,020.8
Calor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gas	1,730.9	0.0	1,598.9	407.3	0.0	3,737.1
Combustibles sólidos	64.8	0.0	5.0	9.5	0.0	79.3
Productos petrolíferos	1,865.0	0.0	579.8	179.5	0.0	2,624.3
GLP	377.2	0.0	446.2	179.5	0.0	1,002.9
Otros querosenos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gasóleo	1,487.8	0.0	133.6	0.0	0.0	1,621.4
Energías renovables	2,452.6	2.3	284.6	26.4	0.0	2,766.0
Solar térmica	18.4	0.0	230.2	0.0	0.0	248.6
Biomasa	2,428.9	0.0	51.4	26.4	0.0	2,506.7
Geotermia	5.4	2.3	3.0	0.0	0.0	10.7
<b>TOTAL</b>	<b>6,556.7</b>	<b>142.8</b>	<b>2,918.1</b>	<b>1,182.1</b>	<b>4,427.8</b>	<b>15,227.5</b>

Imagen adjunta 6. Datos del consumo energético según el sector.

## REPORTAJE

### ¿Esto es una escuela de calor? Desarrollan medidas para evitar las altas temperaturas en las aulas

La mayor parte de las infraestructuras educativas se construyeron antes de que existiera una normativa básica de condiciones térmicas, de modo que sus usuarios sufren más los efectos de las altas temperaturas. Hablamos de edificios insuficientemente aislados, con escasa protección solar en las ventanas, lo que contribuye al sobrecalentamiento en verano.

Imagen adjunta 7 Artículo noticia.

### El síndrome del edificio enfermo ya afecta a los ocupantes del 30% de los inmuebles modernos

“Aunque existen diferentes estudios que ya **asocian íntimamente la vivienda con la salud**, destacando, entre otras causas, la **presencia de humedades**, la falta de **luz natural** o no tener recursos para mantener a una **temperatura adecuada** el hogar, por primera vez se plantea una guía realizada por **arquitectos técnicos y médicos** para acercar esta realidad en su dimensión social”, subraya Alfredo Sanz, presidente del CGATE.

Imagen adjunta 8 Artículo noticia.

## Alerta contra el calor en las aulas

Los picos de temperatura, cada vez más frecuentes, obligan a renovar los colegios mal aislados. Ante el coste del aire acondicionado, se proyectan edificios con vegetación que permitan la ventilación

"Nos apañamos con ventiladores que mueven el aire caliente, pero los dolores de cabeza son terribles", cuenta Raúl Moreno, secretario del colegio, que describe el sofoco que destilan la decena de aulas orientadas al este y expuestas por completo al sol cada mañana por sus paredes de cristal —"desde el suelo al techo, de izquierda a derecha"— del centro, construido hace solo nueve años.

*Imagen adjunta 9 Artículo noticia.*

## Edificios enfermos: estos son los problemas de salud que nos contagian las casas y oficinas

La precariedad de algunas viviendas sin rehabilitar no ayuda, pero los efectos negativos del trastorno se producen con más frecuencia en construcciones inteligentes

El nombre no es novedad, lo acuñó la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1982 para definir "el conjunto de molestias ocasionadas por la mala ventilación, la descompensación térmica, las cargas electromagnéticas y las partículas y vapores de origen químico en suspensión que circulan por el edificio en el que vivimos o trabajamos".

*Imagen adjunta 10 Artículo noticia.*

### 1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO.

Los cálculos de soleamiento son herramientas clave de un proyecto. Facilitan la elección de forma y orientación de todos los elementos arquitectónicos que responden como un conjunto al medio, haciendo posible la regulación de la radiación solar incidente sobre la envolvente de los edificios y destacando su influencia en la fenestración y otros huecos en fachada. La eficiencia de estos mecanismos de protección dependerá tanto de su geometría como de la ubicación del objeto del estudio y de la orientación de sus planos.

Previo a dar comienzo a este proyecto, se ha necesitado realizar un estudio de los conceptos básicos que son clave para comprender el proceso del trabajo. Este hecho se explica en el próximo punto “2. Fundamentos Teóricos”. Una vez establecido una base teórica, se tenía que elegir un edificio construido como objeto de estudio. Este edificio tenía que cumplir con la siguiente serie de criterios; ha de ser accesible, ser de interés arquitectónico, y demostrar una posibilidad de mejora respecto a su comportamiento energético. Por este motivo se decidió elegir a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño ETSID de la Universidad Politécnica de Valencia, construido en el año 2005.

Con el edificio en cuestión, se puede ver a simple vista los posibles problemas energéticos que puede generar, ya que presenta una abundancia de elementos de fenestración en todas sus fachadas separados solo por los elementos estructurales de hormigón armado. Es decir, el vidrio es el elemento protagonista en la composición de sus fachadas y no se ha podido detectar sistemas de protección solar en ninguna de ellas. Todas han recibido el mismo tratamiento incluso la fachada con orientación sur, por lo que a efectos de este trabajo se podría considerar que el edificio presenta una destacable posibilidad de mejora energética que se traduce en consumos excesivos de energía para alcanzar los niveles de confort térmicos en su interior.

Una vez formada la base teórica y elegido el edificio en cuestión, se ha de realizar una toma de datos exhaustivo del mismo que permite realizar el certificado de eficiencia energética que refleja su calificación además del estimado gasto energético. Con esto se puede diseñar y proyectar distintos sistemas de protección solar en función de la orientación de cada fachada, con el fin de mejorar los resultados del certificado.

Para llevar a cabo el certificado es necesario realizar una serie de operaciones mayoritariamente gráficas, que se explicará más adelante en el apartado teórico que define el proceso a seguir en este proyecto “3. Proceso del trabajo”.

Este punto consiste en aportar una idea general de las metas de este trabajo, que como ya se ha comentado anteriormente consta de la realización un estudio sobre la eficiencia energética de un edificio construido, analizar tanto la orientación de sus fachadas como los elementos acristalados presentes, y finalmente diseñar un sistema de protecciones para cada fachada con el fin de últimamente reducir el consumo energético requerido para establecer los niveles de confort en su interior y presentar así una comparación de antes y después de la intervención.

Una vez establecidas las fases del trabajo a realizar y la descripción de las tareas a desarrollar en cada fase, se plantean los siguientes objetivos genéricos:

- Conocer las herramientas gráficas que permiten el estudio y análisis de las condiciones de soleamiento utilizadas como instrumento de proyecto arquitectónico.
- Aplicar dichas herramientas a una edificación existente con el fin de analizar su comportamiento.
- En base a los resultados obtenidos, proponer medidas que mejoren el comportamiento energético de la edificación analizada.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

En este apartado se va a desarrollar y explicar conocimientos teóricos esenciales para la comprensión de este proyecto tales como: los movimientos orbitales de la Tierra, la generación de Cartas Solares, en qué consiste una máscara de sombras, y por último, cómo llevar a cabo el diseño geométrico de un sistema de protecciones solares eficientes partiendo de toda esta base, la cual se basa principalmente en estudio titulado “Cálculo y Diseño de Protecciones Solares”, publicado por el tutor de este mismo proyecto, José Luis Higón Calvet.

### 1.4. GEOMETRÍA SOLAR

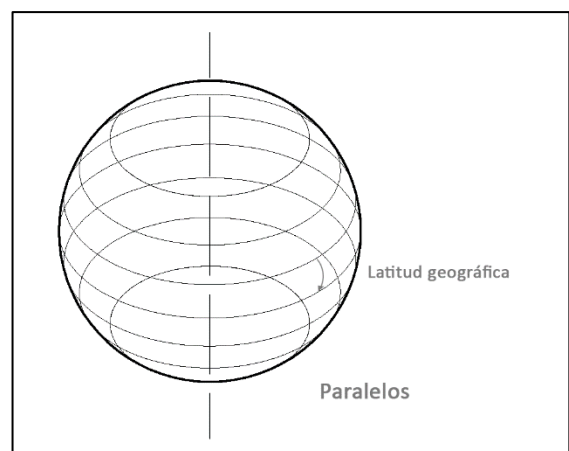
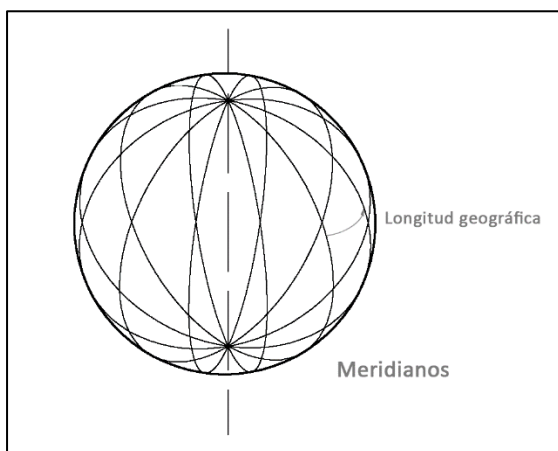
#### 1.4.1. Coordenadas Geográficas

La finalidad de esta parte consiste en la definición de las condiciones geométricas necesarias para poder calcular la dirección de la radiación solar incidente dada una ubicación determinada.

Las coordenadas geográficas definen una ubicación geográfica particular sobre la superficie de la Tierra a partir de la intersección de dos líneas localizadas sobre esta que se denominan paralelo y meridiano respectivamente. En las imágenes adjuntas se puede observar que los meridianos son una serie de círculos máximos y diámetro constante de la esfera terrestre cuyo plano contiene al eje de rotación de la Tierra, mientras que los paralelos son una serie de círculos cuyos centros contienen al eje de rotación de la Tierra y cuyos diámetros varían en función del punto de sección.

El origen de estas líneas es el meridiano que pasa sobre la ciudad de Greenwich, que se considera el meridiano 0°. A partir de éste, los meridianos que se sitúan al este disponen de signo positivo, y de signo negativo aquellos que se sitúan al oeste. El ángulo entre meridianos se mide desde el origen y su valor se denomina *longitud gráfica*.

En el caso de los paralelos, se establece el origen partiendo del círculo máximo, que corresponde con el ecuador terrestre. Aquellos paralelos situados al norte del máximo dispondrán de signo positivo, por lo que aquellos situados al sur cuentan con signo negativo. El ángulo entre paralelos se mide desde el paralelo origen y su valor se denomina *longitud geográfica*.



*Imágenes de elaboración propia. Coordenadas geográficas.*

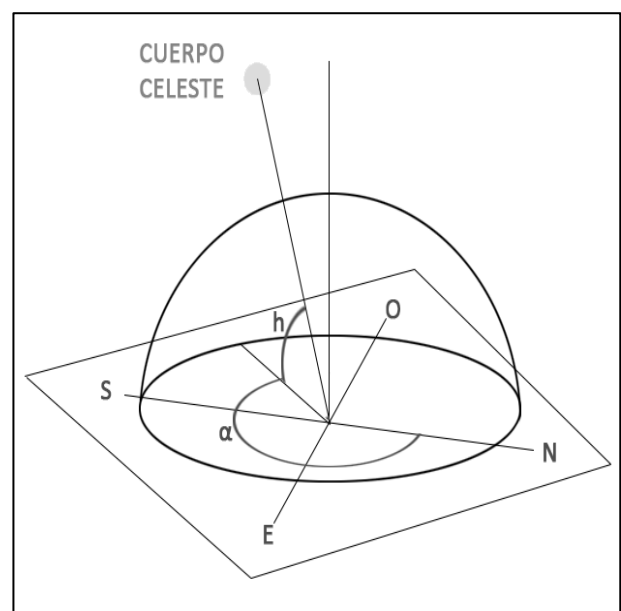
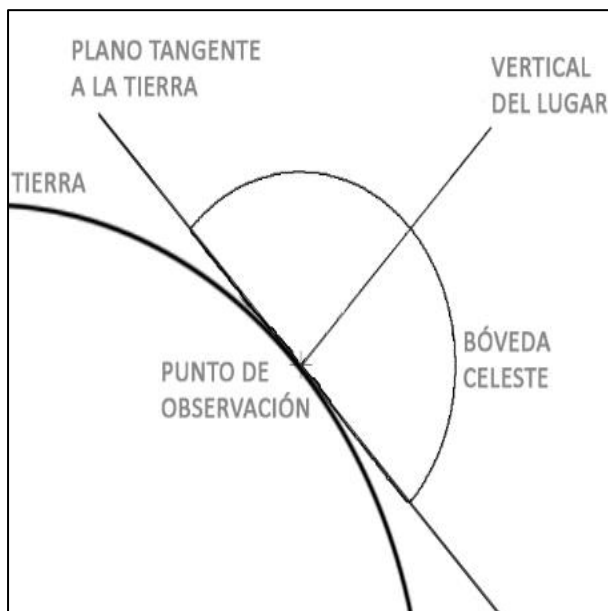
#### 1.4.2. Coordenadas astronómicas

Estas coordenadas están basadas en la imagen del cielo como proyección en una esfera de radio arbitrario, donde el centro constituye el centro de observación. La parte inferior de esta esfera se encuentra delimitada por el plano tangente a la Tierra en este punto, formando así una semiesfera que se denomina *bóveda celeste*. En la imagen adjunta, se puede apreciar la bóveda celeste esquemáticamente incluyendo los elementos que la definen.

Para poder localizar puntos exactos sobre la esfera se necesita un sistema de coordenadas. El más empleado siendo aquél basado en las denominadas *coordenadas horizontales*, constituido por dos valores angulares: la altura sobre el horizonte ( $h$ ) y el azimut ( $\alpha$ ).

En la segunda imagen adjunta, se puede observar una bóveda celeste con las coordenadas identificadas. Con esto, mediante un vector que relacione el punto de observación con un cuerpo celeste es posible conocer las coordenadas horizontales:

- La altura sobre el horizonte ( $h$ ) será el ángulo de forma dicho vector con la proyección que genera en el plano horizontal.
- El azimut ( $\alpha$ ) será compuesto por el ángulo que forma la proyección del vector respecto al norte geográfico del lugar en sentido horario.



Imágenes de elaboración propia. Coordenadas astronómicas.



## 1.5. BÓVEDA CELESTE. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL

Hay dos tipos de movimiento que realiza el planeta Tierra que reciben los nombres de movimiento anuo y diurno. La primera corresponde a un movimiento de *traslación* que viene definido por la órbita que realiza la Tierra alrededor del Sol. Su duración es de 365 días que coincide con un año astronómico, y da origen al ciclo de las cuatro estaciones. El segundo movimiento es el de *rotación* que realiza la Tierra sobre su propio eje. Este giro da lugar a los intervalos horarios de día y noche, tardando 24 horas en realizar una rotación completa. Estos movimientos se explicarán con más detalle en los apartados a continuación.

### 1.5.1. Movimiento Anuo.

Este movimiento como se ha explicado en el apartado anterior corresponde a un movimiento de traslación, es decir, una trayectoria descrita por una órbita plana y cerrada con forma elíptica. A esta órbita se le denomina *eclíptica* y en su plano está contenido el Sol que además es el punto central de la trayectoria.

El eje de traslación de la Tierra que produce la rotación terrestre alrededor del Sol no es ortogonal al plano de la eclíptica; se encuentra inclinada respecto a éste formando un ángulo de  $66^{\circ}33''$  sexagesimales. Esta inclinación igual que la dirección del eje de la Tierra, se mantienen invariables respecto a la eclíptica. Esto produce una variación angular entre la radiación solar y el ecuador celeste durante la traslación de la Tierra alrededor del Sol. Existe una relación angular entre esta radiación incidente y el ecuador celeste denominado *declinación* ( $\delta$ ).

En el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, se genera dos puntos en los que la declinación es igual a  $0^{\circ}$ . Es decir, en estas dos posiciones el vector Sol-Tierra se encuentra contenido en el plano del ecuador terrestre. Estos dos puntos reciben en nombre de equinoccio y marcan el comienzo de las estaciones de primavera y otoño.

Además, existen otros dos puntos importantes contenidos en la eclíptica que corresponden con los llamados solsticios, los cuales dan lugar al comienzo de las estaciones de invierno y verano y se pueden considerar como las contrapartes de los equinoccios. Estos dos puntos vienen definidos cuando el ángulo de la declinación es igual a  $-23^{\circ}27'$  para el solsticio de invierno y  $23^{\circ}27'$  para el de verano. La máxima y mínima declinación anual viene definido por estos dos valores.

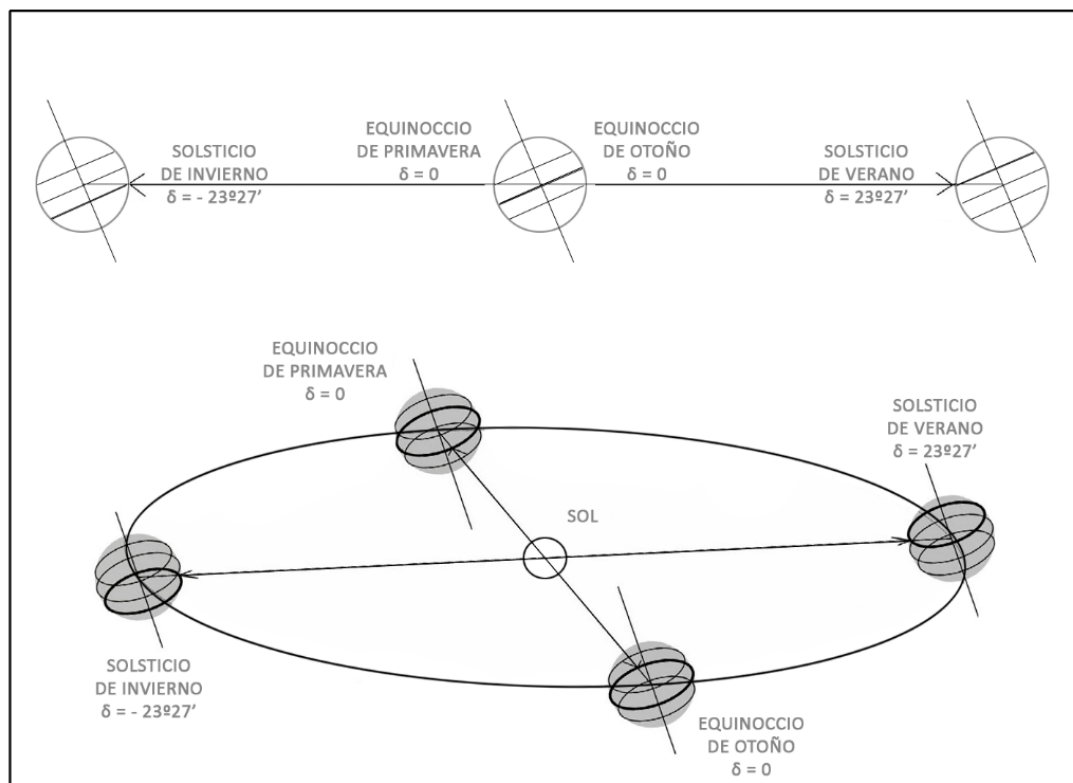
En la imagen adjunta a en la siguiente hoja se observa la teoría explicada a nivel de esquema para poder apreciar mejor el ciclo de los equinoccios y solsticios representando la variación de posición de la Tierra contenida dentro de la Eclíptica.

### 1.5.2. Movimiento Diurno

El movimiento diurno correspondiente a la rotación de la Tierra sobre su propio eje, que como se ha explicado anteriormente, tiene una duración de 24 horas y da lugar a las horas de día y las horas de noche (diurnas y nocturnas). Durante este intervalo de rotación, el valor de la declinación solar ( $\delta$ ) apenas varía por lo que se puede considerar despreciable. Por este motivo, a efectos de cálculo, se puede plantear que la trayectoria del Sol en un periodo de 24 horas coincide aproximadamente con un paralelo terrestre.

Durante los equinoccios, la trayectoria del Sol genera un círculo máximo perpendicular al eje de rotación de la Tierra sobre la esfera celeste, coincidiendo con su ecuador. Durante los demás días del año, la declinación ( $\delta$ ) (incidencia de la radiación solar sobre la esfera celeste) producirá un círculo que se encuentra contenido dentro de un plano paralelo al ecuador que se separa del mismo un ángulo con valor igual a la declinación correspondiente al día que se estudia, tal como se puede apreciar en el esquema incluida a continuación.

La *latitud* ( $\Psi$ ) define la trayectoria solar paralelo al ecuador celeste del lugar. Conforme varía la latitud ( $\Psi$ ) del lugar estudiado, varían las horas de luz que proviene del Sol. En otras palabras, la superficie de la Tierra se puede dividir en tres zonas o franjas desde los círculos polares pasando por los trópicos hasta el ecuador; Zona Polar, Zona Templada y Zona Tropical respectivamente. A continuación, se presenta cuatro bóvedas celestes originadas en función de la variación de latitud. Se ha trazado las bóvedas comenzando con el eje de la tierra (latitud  $\Psi 90^\circ$ ), pasando por el círculo polar ártico (latitud  $\Psi 66'5^\circ$ ), el trópico de cáncer (latitud  $\Psi 23'5^\circ$ ) y el ecuador (latitud  $\Psi 0^\circ$ ), demostrando así la variación de la declinación ( $\delta$ ) consecuente del cambio de latitud.



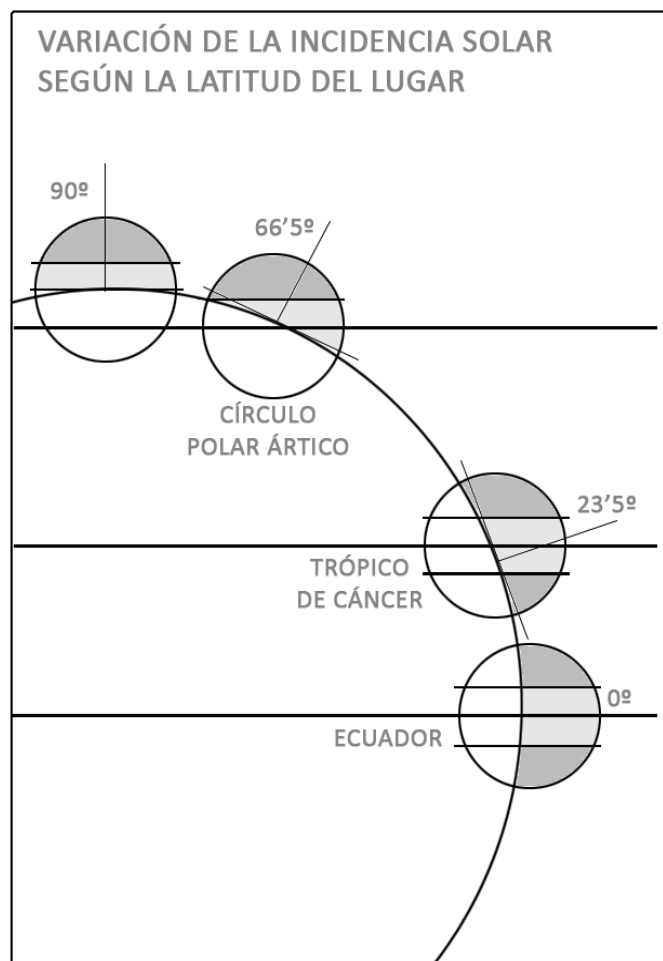
*Imagen de elaboración propia. Movimiento de traslación.*

En la siguiente imagen se demuestra que la duración del día viene dada por la latitud específica del lugar. Por ejemplo, en la zona polar desde el equinoccio de primavera hasta el equinoccio de otoño el Sol se encuentra sobre el horizonte y por lo tanto es de día.

Sin embargo, en el intervalo de transición entre el equinoccio de otoño y el de primavera el Sol no se puede observar, en otras palabras, durante este periodo es de noche. La segunda bóveda corresponde al círculo polar ártico, donde el Sol no llega a ocultarse en el solsticio de verano y siempre es de día. Por contrario, durante el solsticio de invierno no llega a aparecer y por tanto siempre es de noche.

La tercera bóveda pertenece al trópico de cáncer, donde las variaciones de luz diaria son ligeras pero apreciables.

Por último, se indica con la bóveda que corresponde con el eje del ecuador que los 365 días del año cuentan con la misma duración de 12 horas. Esto se produce debido a que la trayectoria del Sol coincide con el vertical del lugar durante los equinoccios. Durante el invierno el Sol incide desde el sur y durante el verano, desde el norte.



*Imagen de elaboración propia. Movimiento aparente del sol.*

### **1.5.3. Representación gráfica del movimiento solar.**

Existe la posibilidad de hallar analíticamente las coordenadas astrológicas de cualquier cuerpo celeste. No obstante, se suele recurrir a procedimientos gráficos ya que facilitan la toma de decisiones durante el proceso proyectual. Las representaciones gráficas que se utilizan se denominan *Cartas Solares*. Hay muchos tipos distintos, pero todas pertenecen a una simplificación de lectura del movimiento solar. Dicho de otra manera, son una representación gráfica del movimiento aparente del Sol respecto a la esfera celeste mediante la proyección de las trayectorias del Sol sobre una superficie. A continuación, se especifica algunas de estas simplificaciones.

*“Se considerará a la Tierra como una esfera perfecta de radio  $R$ , sin achatamiento en los polos.*

*El sol es una masa puntual considerando que su situación es la de su centro geométrico.*

*Se considerará a la Tierra como el centro de gravedad del sistema Sol-Tierra, siendo el Sol el que siga la trayectoria de la eclíptica, que en este caso se considerará una circunferencia perfecta, alrededor de la esfera celeste. El desplazamiento del Sol sobre la eclíptica se produce a velocidad constante.*

*El efecto de adelanto y atraso sobre la hora de paso del Sol sobre el meridiano del lugar se considera despreciable.*

*El valor de la declinación se considera constante a lo largo del día.*

*Se desprecian los posibles efectos que la refracción atmosférica pueda producir sobre la dirección de la radiación incidente del Sol.”.*

Como es lógico, en las cartas solares se suele representar las trayectorias correspondientes a los días que muestran valores extremos; los equinoccios y solsticios. Estos días coinciden de forma aproximada con los días 22 de marzo, junio, septiembre y diciembre respectivamente y se toma como hora de registro las 12:00h solar de la forma que la trayectoria se encuentra sobre el meridiano del lugar.

En este trabajo se va a destacar dos cartas solares para el procedimiento de este trabajo, la Carta Solar estereográfica y la Carta Solar cilíndrica.

### 1.5.3.1. Elaboración de la Carta Solar Estereográfica

Para representar la bóveda celeste, esta carta solar emplea el sistema de proyección estereográfica; se genera mediante la proyección cónica de puntos situados sobre la superficie de una esfera usando el centro de ésta como centro de proyección (O). El radio que viene definido por los centros de proyección (O) y geométrico de la esfera (O) respectivamente. Estos dos puntos forman un vector perpendicular al plano que contiene al centro geométrico de la esfera (O) y se denomina el plano ecuatorial (H).

Colocando un punto cualquiera (A) en la superficie de la esfera se puede realizar su proyección estereográfica trazando un vector que une este punto (A) con el centro de proyección (O). Su proyección (a) viene definida por la intersección del vector  $\underline{AO}$  con el plano ecuatorial (H).

Con este punto (a) localizado en proyección estereográfica, se puede hallar su coordenadas azimut ( $\alpha$ ) y altura sobre el horizonte (h). Para obtener las coordenadas horizontales de un punto cualquiera (a) es necesario realizar la siguiente secuencia de pasos.

Primero de todo, se tiene que abatir el centro de proyección (O) hasta el plano ecuatorial (H). El eje de abatimiento viene dado por el vector resultante de la unión de los puntos a y O correspondientes al punto cualquiera de la superficie de la esfera (A) y el centro geométrico de la misma (O). Este abatimiento da lugar al punto (O').

Una vez se obtiene, se traza un vector con origen en este punto (O'), hasta interseccionar con la superficie de la esfera y pasando por el punto (a). El punto (A') viene definida por esta intersección que se unirá con el punto (O) correspondiente al centro geométrico de la esfera.

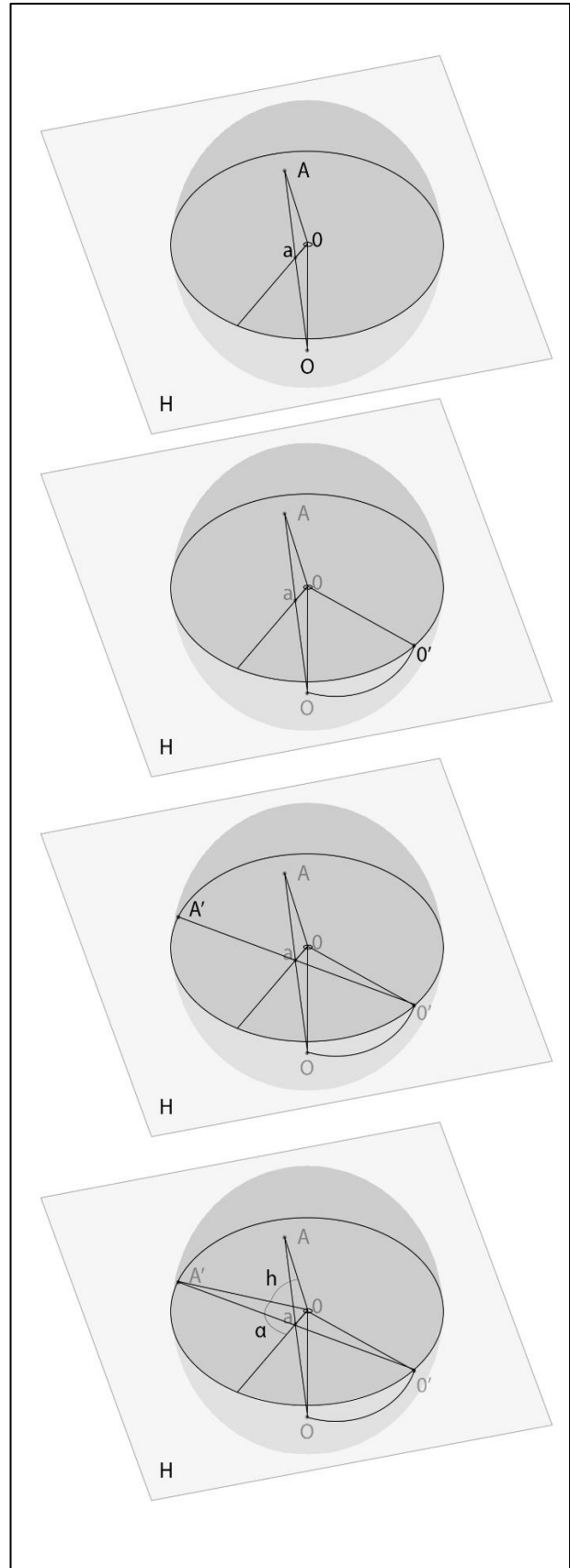


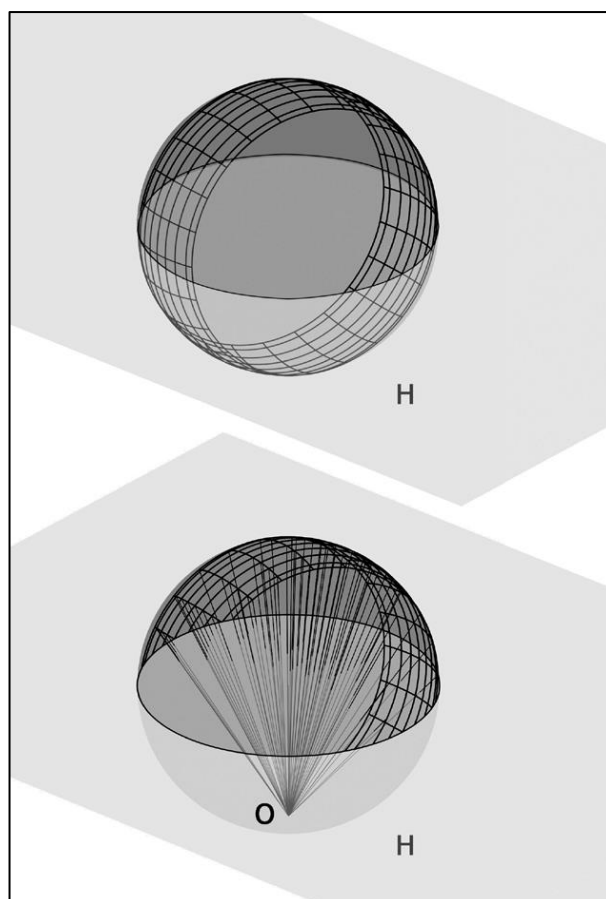
Imagen de elaboración propia. Proyección estereográfica de un punto cualquiera A.

Una vez realizado estos abatimientos, se podrá realizar la medición del azimuth ( $\alpha$ ) y altura sobre el horizonte ( $h$ ) del punto (A).

Con esta serie de pasos se puede generar la Carta solar estereográfica dada una latitud específica y proyectada la bóveda celeste en ese preciso lugar.

En la siguiente imagen adjunta se puede apreciar una esfera celeste en la cual se representa la trayectoria correspondiente al movimiento aparente del Sol. Cada circunferencia completa simboliza un mes del año, mientras que los arcos perpendiculares a éstas representan las 24 horas que dura un día. No recibirán luz solar aquellas horas que se encuentran por debajo del plano ecuatorial.

En el siguiente punto se realiza el mismo proceso explicado anteriormente con el punto cualquiera A, solo que esta vez los puntos a indicar vienen definidos por el movimiento del Sol. Con este procedimiento se obtiene la representación de la Carta Solar Estereográfica en el plano ecuatorial (H).



*Imagen adjunta 11. Elaboración de la carta solar estereográfica.*

### 1.5.3.2. La Carta Solar Estereográfica

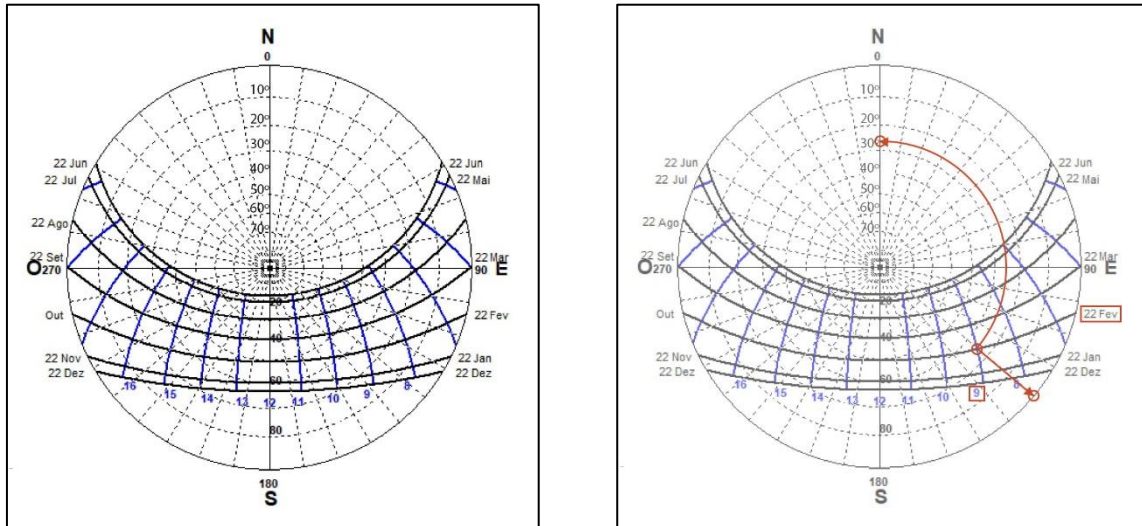
Se puede apreciar esta carta solar (resultado de realizar el procedimiento explicado anteriormente) en la primera imagen adjunta a continuación que representa una carta solar que corresponde a una latitud de 40°.

Como se ha comentado previamente, en este tipo de representación gráfica se suele indicar el día 22 de cada mes, dando especial importancia a aquellas que corresponden con los solsticios y equinoccios del año, mientras que para las líneas horarias se toma las 12:00h solar como hora en la que el Sol pasa por el meridiano del lugar. No obstante, se produce variaciones entre la hora civil y la hora solar. La hora civil es la hora oficial que rige en una determinada zona mientras que la hora solar viene definido por la posición del Sol. Esta diferencia se produce como consecuencia de varios factores:

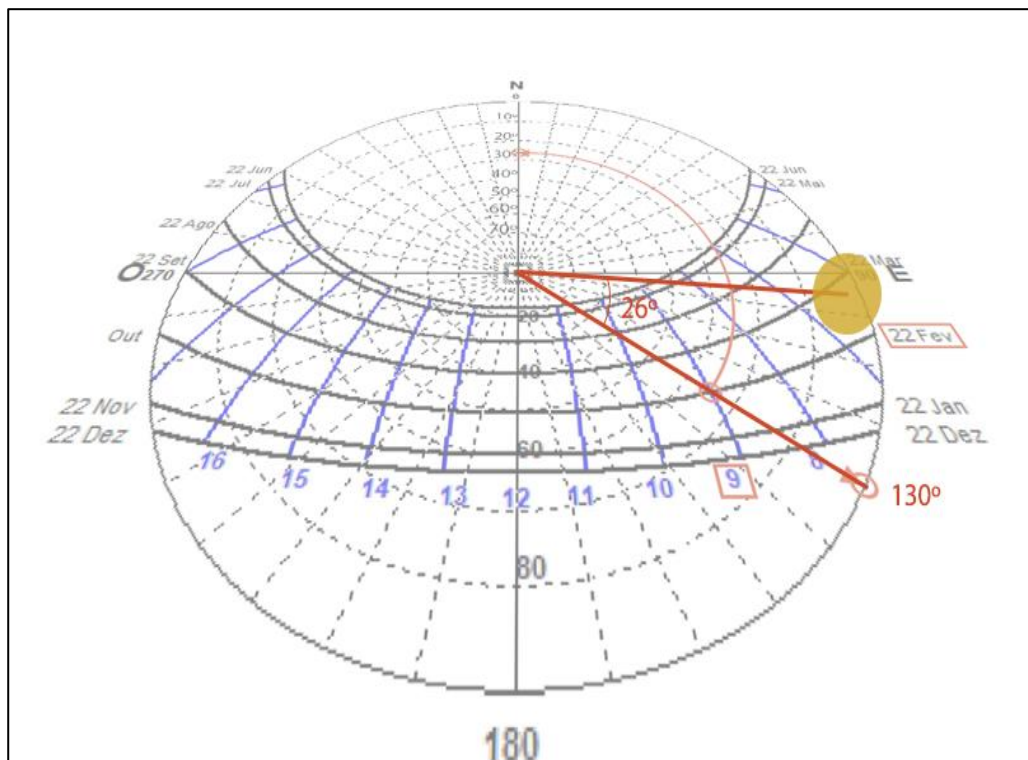
1. En invierno la hora civil está una hora adelantada a la solar y en verano dos horas, un método empleado para ahorrar energía.
2. La variación de la velocidad de traslación de la Tierra hace que varíe la duración del día solar.
3. La variación de la inclinación del eje de rotación de la Tierra hace que también cambie la hora solar en cada época del año según la latitud del lugar.

Hay que recordar que cada circunferencia define la altura sobre el horizonte ( $h$ ) y cada radio define la coordenada azimuth ( $\alpha$ ). Empleado las cartas solares estereográficas, se puede hallar la dirección del vector solar en un momento determinado conociendo el día, hora y latitud del lugar. Se comienza localizando sobre la gráfica la intersección de líneas que corresponden al día y hora elegidos, seguidamente se puede determinar las coordenadas angulares  $\alpha$  y  $h$ .

En la segunda imagen adjunta se puede apreciar como para el 22 de febrero y octubre a las 09:00h el vector solar viene definido aproximadamente por un azimuth ( $\alpha$ ) de  $130^\circ$  y una altura sobre el horizonte de  $26^\circ$ .



*Imágenes de elaboración propia. Desarrollo de coordenadas angulares en una carta solar de latitud  $40^\circ$ .*



*Imagen de elaboración propia. Perspectiva de la posición del Sol conociendo sus coordenadas angulares.*

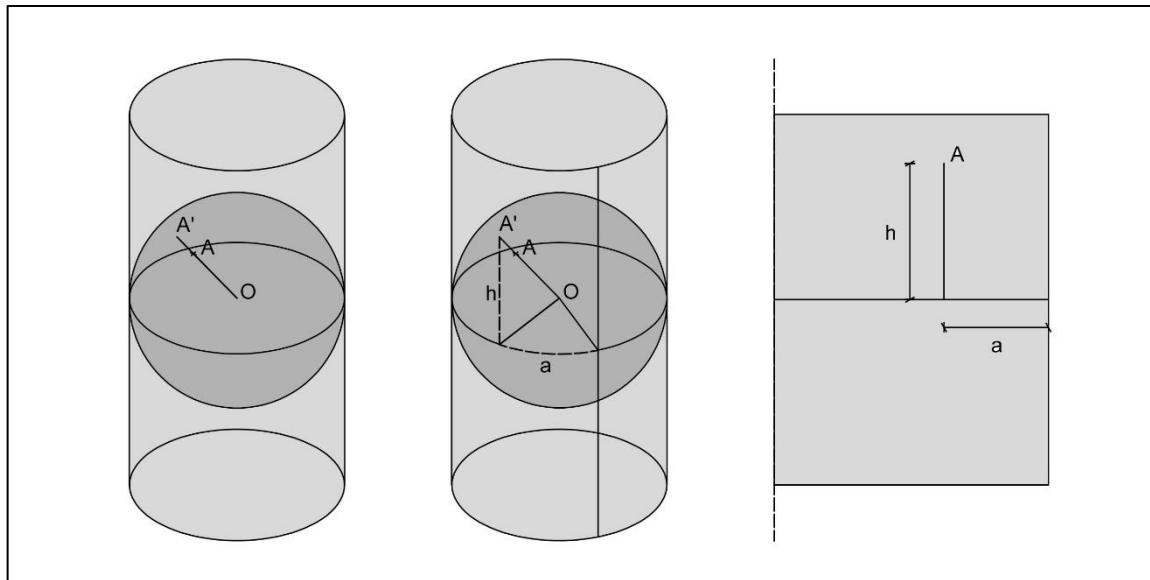


### 1.5.3.3. Elaboración de la Carta Solar Cilíndrica.

Del mismo modo que se ha utilizado para la elaboración de la carta solar estereográfica, se utiliza la proyección cónica para elaborar la carta solar cilíndrica, pero con algunas diferenciaciones importantes. El centro de proyección corresponde con el centro geométrico de la bóveda celeste y la superficie de proyección es la de un cilindro de revolución. El eje de este cilindro es tangente a la bóveda celeste, coincidiendo con el vertical del lugar.

Mediante este procedimiento de proyección, es posible representar un punto cualquiera (A) en proyección sobre la esfera celeste. Una vez ubicado el punto (A) en la superficie de la esfera celeste, se traza un vector desde el centro de proyección (O) que pasa por este punto y se prolonga hasta interaccionar la superficie del cilindro, produciendo el punto (A'). A partir de este segundo punto se puede determinar sus coordenadas angulares: Azimut ( $\alpha$ ) y la altura sobre el horizonte (h). Tras realizar proyecciones en la superficie del cilindro, se abatirá para generar un plano con el objetivo de poder observar la figura generada: la carta solar cilíndrica.

A continuación, se puede observar una secuencia de imágenes que representan el proceso descrito.



*Imagen de elaboración propia. Proyección estereográfica de un punto cualquiera A.*

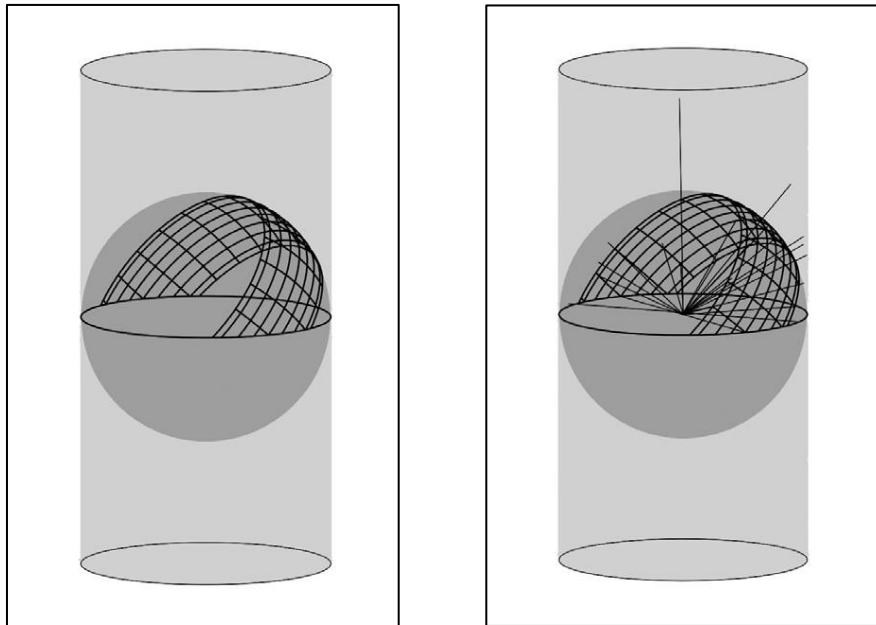
No obstante, es importante comentar que la carta solar cilíndrica no posee la posibilidad de representar un punto que coincide con su eje de rotación, o, dicho de otra manera, con el vertical del lugar. Esto se debe a que justamente este punto no tiene proyección sobre la superficie lateral del cilindro.

Una vez entendido el proceso de proyección cilíndrica y la obtención de las coordenadas angulares, es posible generar una carta solar cilíndrica dada una latitud determinada. Dicha carta solar es resultado de proyectar la esfera celeste de ese lugar precisamente.

En las imágenes que se presentan a continuación, se demuestra la trayectoria del movimiento aparente del Sol proyectado sobre una esfera celeste. Como se ha explicado anteriormente, las semicircunferencias representan los meses del año mientras que los arcos perpendiculares representan las 24 horas del día.



Se aplica el mismo procedimiento que se ha empleado para representar el punto A, a todos los puntos que definen el movimiento solar para representar su recorrido. Con este proceso se puede proyectar estos puntos en la superficie del cilindro que envuelve a la esfera celeste que luego, después de ser desarrollado, dará lugar a la Carta Solar Cilíndrica.



*Imagen adjunta 12. Elaboración de la carta solar cilíndrica.*

#### 1.5.3.4. La Carta Solar Cilíndrica.

Se obtiene la carta solar cilíndrica tras desarrollar el cilindro como se ha comentado previamente. La altura sobre el horizonte de esta carta solar se representa con una escala lineal alterado por la tangente del ángulo que representa. No obstante, esta carta solar se suele sustituir por otra donde la tangente no afecta a estos valores, perdiendo así la relación directa de proyección que mantenía con la bóveda celeste, pero resultando en una mayor legibilidad ya que los valores de la altura sobre el horizonte se comprenden entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  separados equidistantemente.

Se realiza a continuación una comparación entre estas dos formas de representar la carta solar cilíndrica, dejando así en evidencia la diferencia de legibilidad que existe entre las dos. La primera imagen corresponde a la carta solar sin modificaciones, y la segunda representa la carta solar con los valores de la altura sobre el horizonte corregidos.

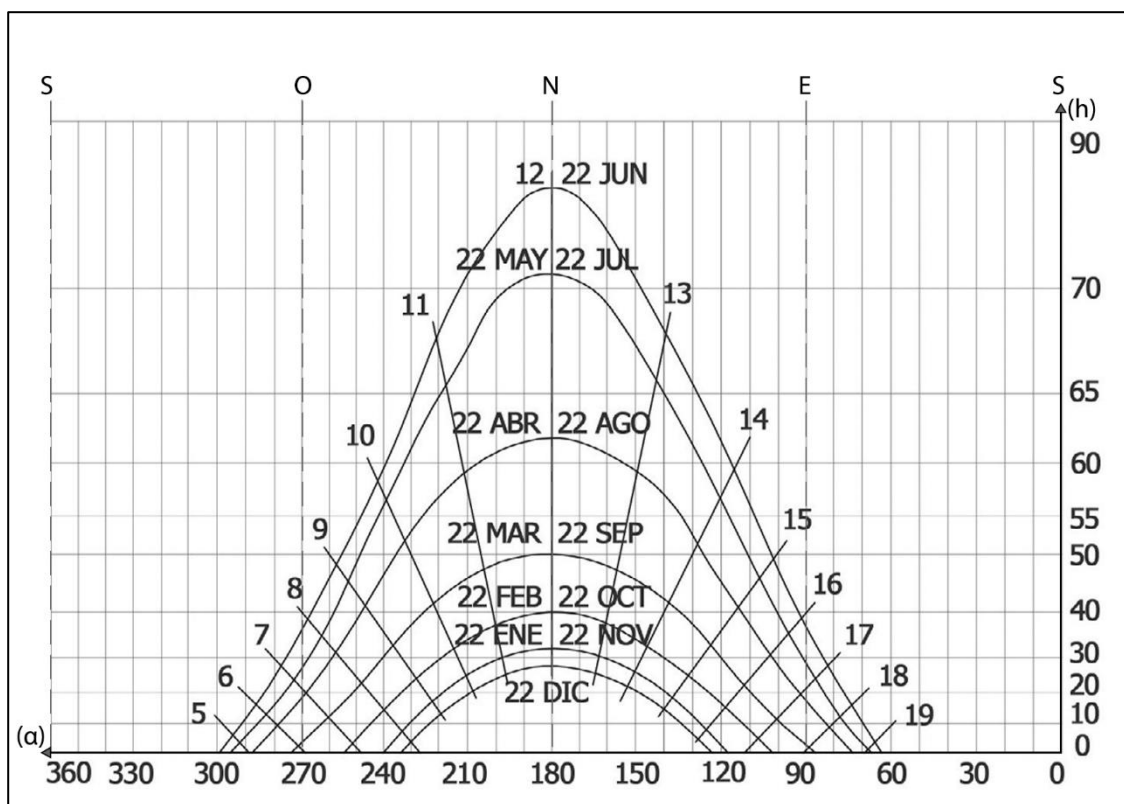


Imagen modificada. Carta solar cilíndrica con valores de la altura sobre el horizonte afectados por el de la tangente.

El proceso explicado se demuestra en la segunda imagen donde el valor de la tangente no afecta a los valores de la altura sobre el horizonte ( $h$ ). Para demostrar cómo funciona esta carta solar, se ha elegido una hora determinada (08:00) y un día (Nov 21). Para este momento en el tiempo se ha obtenido las coordenadas angulares:  $h\ 35'50^\circ$ ,  $\alpha\ 84'00^\circ$ . Es decir, el Sol tendrá una altura sobre el horizonte de  $35'50^\circ$  y un azimut de  $84'00^\circ$ .

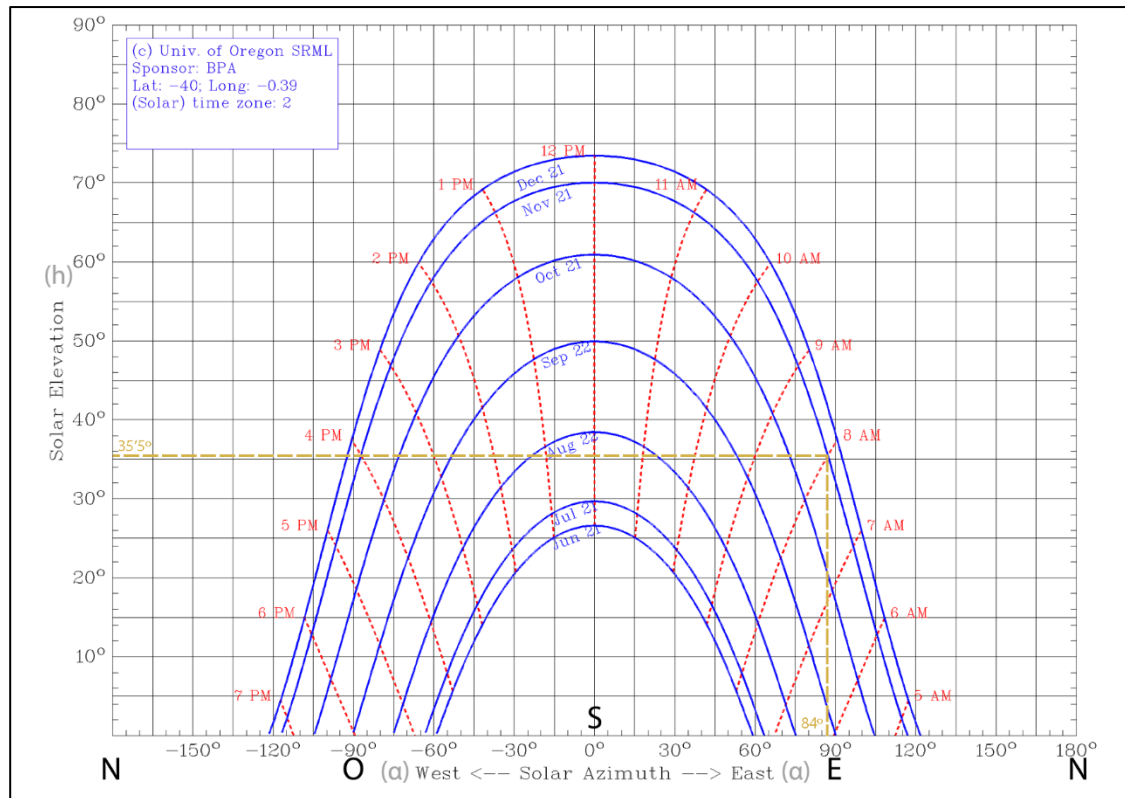


Imagen de elaboración propia. Localización de coordenadas horizontales en una carta solar cilíndrica modificada.

#### 1.5.4. Cálculo de Obstrucciones

En este apartado del proyecto se explica cómo se puede determinar los intervalos de tiempo en los que un punto determinado se encuentra en sombra dada su ubicación geográfica y la geometría de su alrededor. Es decir, los momentos en los que este punto definido no recibe radiación solar directamente ya que existe una obstrucción por en medio que bloquea los vectores solares.

Para esto es necesario el uso de las cartas solares comentadas anteriormente que proporcionan la información necesaria como las trayectorias del movimiento aparente del Sol en fechas significativas y los meridianos celestes que corresponden a las horas solares, lo que permite la representación de una porción del cielo observable desde un punto determinado en la carta.

Ahora bien, si se emplea el procedimiento cónico explicado previamente para obtener una imagen del entorno en el mismo punto que se ha empleado para desarrollar la carta solar y se superpone ambos resultados, se puede observar los puntos que se encuentran en la proyección de una obstrucción que se encuentra en el entorno del punto.

Esto quiere decir que, en la superposición entre las trayectorias solares y la proyección de la obstrucción, no existirá incidencia solar ya que los vectores solares no serán capaces de atravesar estas obstrucciones e incidir sobre el punto de estudio. Las zonas que no se encuentran en la superposición de ambas imágenes representan aquellos puntos que sí recibirán radiación solar sin la interferencia de las obstrucciones del entorno.

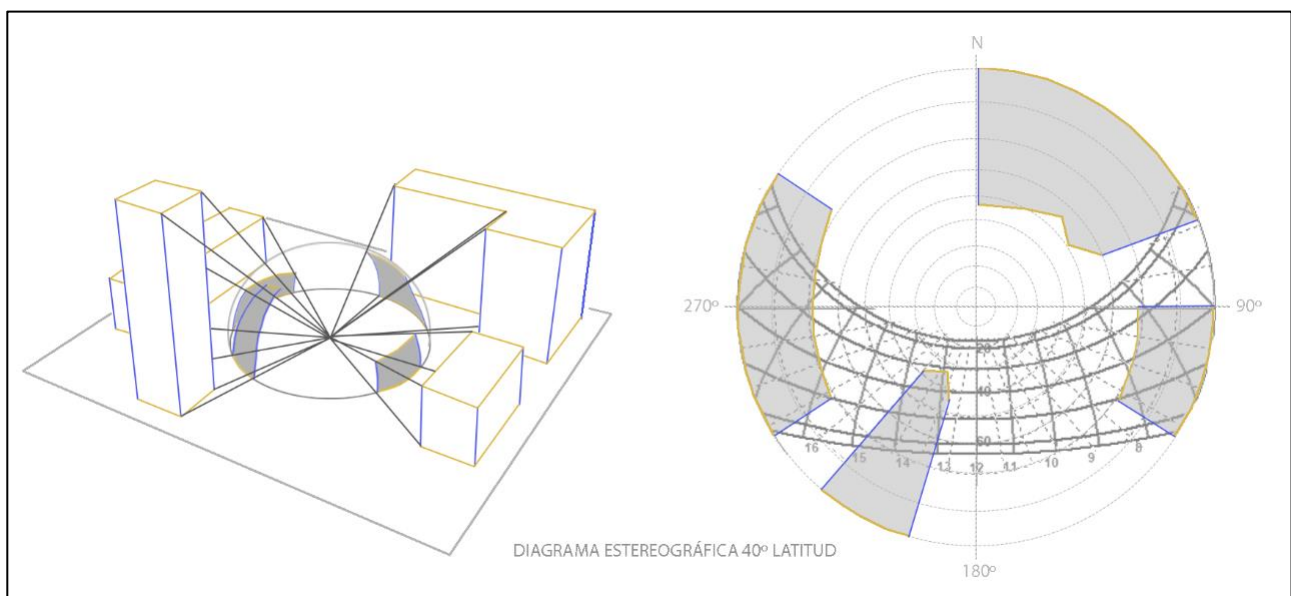
Para este procedimiento se emplea la carta solar estereográfica cuyo proceso de elaboración se ha explicado en el apartado “2.3.1. *Elaboración de la Carta Solar Estereográfica*”. Sobre esta carta se incluirán las proyecciones de las obstrucciones que puedan existir en el entorno del punto de análisis o punto de observación.

Se toma como centro de proyección el centro de la esfera celeste. La proyección de las aristas horizontales de la obstrucción contiene a este punto, mientras que las aristas verticales proyectadas sobre la esfera celeste producen secciones meridianas.

Cuando se proyectan las aristas horizontales de la obstrucción sobre la esfera celeste se produce secciones planas sobre esta que contienen al centro de la esfera, es decir, producen circunferencias máximas. Por otro lado, las aristas verticales proyectadas sobre la esfera producen sobre ella secciones meridianas.

El siguiente paso es traducir estas proyecciones sobre la esfera a un diagrama estereográfico como se puede observar en la imagen incluida a continuación. En primer lugar, las proyecciones horizontales en la esfera celeste corresponden con circunferencias sobre el diagrama, cuyos puntos de fuga coinciden con los puntos cardinales. En segundo lugar, las proyecciones de las aristas verticales de la esfera forman rectas que inciden sobre el punto central de proyección; el centro del diagrama.

Como se puede observar en la superposición del diagrama estereográfico correspondiente a una latitud de  $40^\circ$  y la proyección estereográfica de las obstrucciones del entorno del punto de observación, se puede determinar con facilidad en qué fechas y horas del año el punto de observación se encontrará ocultado de la incidencia solar.



*Imagen de elaboración propia. Proceso de proyección de obstrucciones solares en una carta estereográfica.*

#### **1.5.4.1. Método de los planos límite**

Este método busca un objetivo distinto a los métodos explicado previamente donde las cartas solares representan la dirección del vector solar en un momento determinado y el cálculo de obstrucciones proporciona información sobre los periodos del año en los que un punto de estudio recibe radiación solar.

El entorno estudiado viene definido por su geometría. Los planos que definen este entorno se pueden representar con el mismo sistema empleado con las cartas solares que permite delimitar sobre las cartas solares aquellos intervalos en los que la superficie estudiada pueda recibir radiación solar.

Los planos que definan y limitan un objeto, para efectos de este método, dividen el espacio en dos mitades, de modo que estos planos, las superficies que contienen además de planos paralelos a ellos, podrán recibir radiación solar solamente cuando el vector solar proviene del lado expuesto. El procedimiento para seguir viene explicado en el ejemplo a continuación. Permite llevar a cabo un análisis de cómo puede verse afectada la entrada de la radiación solar a través de un hueco por la geometría de este

- Plano 01: Jamba Derecha. Consiste en un plano vertical formado por la esquina exterior de la jamba derecha y la esquina interior de la jamba izquierda, conteniendo así a la jamba derecha. La radiación solar solo podrá entrar a través del hueco cuando el Sol se encuentra posicionado al sur del plano. En una representación estereográfica, viene definido por una recta diametral cuyo azimut coincide con el del plano límite.
- Plano 02: Jamba Izquierda. Este plano, también vertical como el anterior, contiene a las esquinas opuestas a las anteriores; la esquina exterior de la jamba izquierda y la esquina interior de la jamba derecha, conteniendo así a la jamba izquierda. Para que la radiación solar pueda incidir y entrar a través del hueco, el Sol ha de estar posicionado al este de este plano límite. En una representación estereográfica, viene definido por una recta diametral cuyo azimut coincide con el del plano límite.
- Plano 03: Dintel. El plano límite que corresponde al dintel viene limitado por el borde del voladizo y la arista interior inferior del hueco. En el caso expuesto forma un plano inclinado sobre la horizontal de 60°. Su azimut coincide con el azimut de la pared que contiene al hueco. La radiación solar puede pasar a través del hueco siempre que el Sol se encuentre bajo el plano descrito. Si está en una posición al otro lado del plano, el voladizo arroja sombra y la radiación se encuentra obstruida. En un diagrama estereográfico, viene representado mediante un arco de circunferencia.

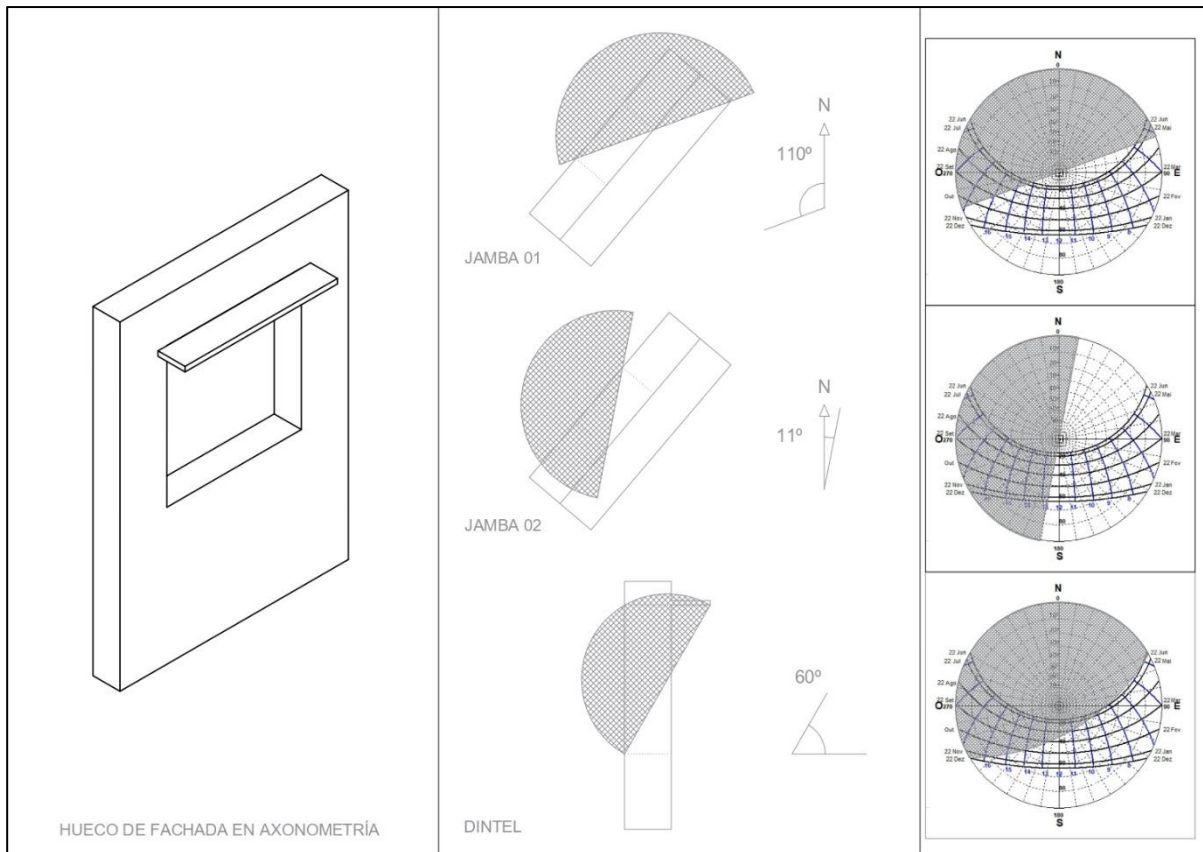


Imagen de elaboración propia. Ejemplo de planos límite con un hueco con un plano horizontal de protección en su dintel.

En la superposición de las tres proyecciones descritas se puede observar una zona en la que no hay solape de áreas sombreadas. Esta zona corresponde a aquellos momentos exactos del año en los que la radiación solar podrá entrar directamente a través del hueco estudiado además de indicar las coordenadas angulares que tendrá el Sol en esos instantes.

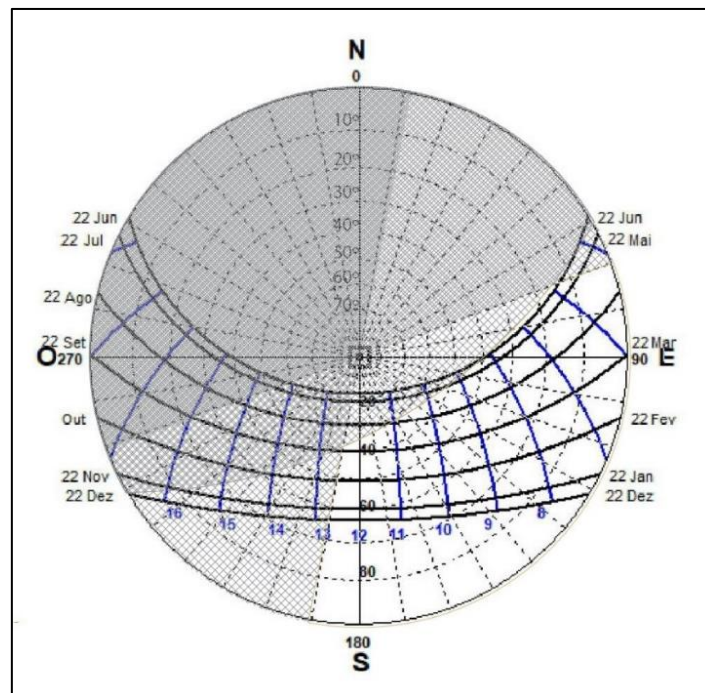


Imagen de elaboración propia. Superposición de los planos límites obtenidos.

### 1.5.5. Diseño de protecciones solares.

Las protecciones solares hacen referencia al conjunto de elementos que se sitúan sobre la piel exterior de un edificio cuyo objetivo es el de controlar la incidencia de radiación solar. Tienen la finalidad de, mediante su diseño, aprovechar esta radiación cuando favorece (calefacción) y proteger al edificio de ella en situaciones desfavorables (sobrecalentamiento).

#### 1.5.5.1. La Carta Bioclimática de Giovanni.

Los diagramas bioclimáticos o climogramas son herramientas que presentan la relación entre los parámetros de confort humano y las variaciones térmicas mediante la representación de zonas de bienestar sobre diagramas psicrométricos.

La carta bioclimática de Giovanni en concreto plantea las condiciones de confort y una serie de zonas en las que se indica sistemas correctores inspirados en soluciones arquitectónicas. Al implementar estas soluciones al edificio en cuestión, las condiciones higrotérmicas se aproximan a los umbrales de confort, mejorando así el bienestar de las personas en los espacios interiores del edificio.

Esta carta bioclimática funciona como un ábaco psicrométrico sobre el cual se ha sobrepuesto un polígono representando la zona de confort para el ser humano; un intervalo de temperaturas y humedad relativa dentro del cual el bienestar de las personas se encuentra en situación óptima. Este intervalo de temperatura está comprendido entre los 20°C y 26°C y para este rango, la humedad relativa óptima varía entre 20% y 80%. Si existe una situación en la que la temperatura y humedad relativa de la estancia no pertenecen a estos intervalos, será necesario implementar una solución correctora para reestablecerlas a la situación de confort.

La carta bioclimática de Giovanni define un área de bienestar admisible, dentro de la cual no es necesario implementar ningún sistema corrector para modificar las condiciones higrotérmicas, siempre que no existe una incidencia directa de radiación solar hacia el interior del espacio estudiado que produzca deslumbramientos. Las demás zonas que rodean al área de bienestar admisible representan situaciones en las que es posible alcanzar los niveles de confort mediante actuaciones pasivas o utilizando técnicas convencionales de acondicionamiento. Existe también zonas solapadas que presentan la posibilidad de usar cualquier de estos métodos.

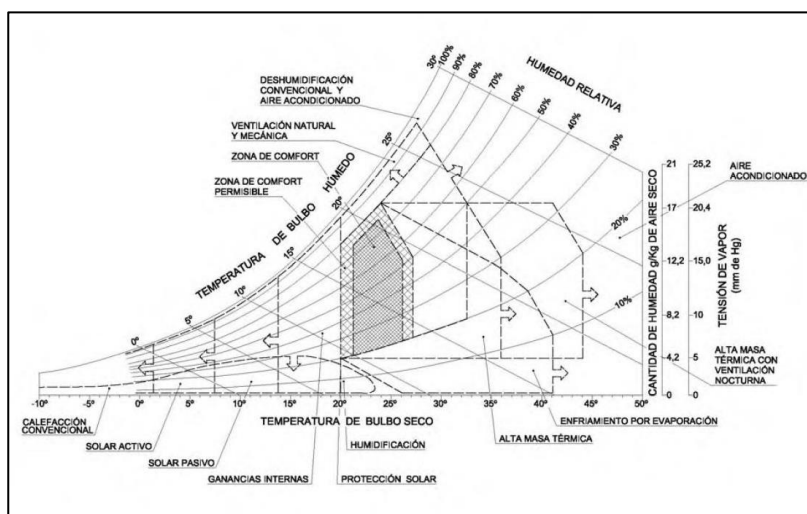


Imagen adjunta 13. Carta bioclimática de Giovanni.



### 1.5.5.2. Objetivos de las Protecciones Solares.

La finalidad de colocar un sistema de protecciones solares en la fachada de un edificio principalmente es la de generar un ahorro energético a la hora de la climatización de sus espacios interiores. El sistema ha de conseguir esta meta mediante un diseño geométrico correcto, lo cual permitirá que la radiación penetre hacia el interior del edificio en aquellos intervalos del año en los que esta generación de calor se pueda aprovechar. También ha de realizar el papel de obstrucción a la radiación solar en los momentos del año en que la entrada de radiación solar sea desfavorable.

Además de ayudar a reducir el consumo energético destinado a la climatización, resuelve otras cuestiones que amenazan al bienestar general de espacios interiores como el deslumbramiento que se produce por una entrada directa del vector solar. No obstante, a efectos de este trabajo solo se ha analizado su influencia en el comportamiento de las ganancias térmicas del edificio.

A continuación, se ha adjuntado una carta estereográfica que representa el promedio de valores de temperatura horarias a lo largo de un año en la ciudad de Valencia. Se puede observar unas líneas que delimitan los rangos de las temperaturas, éstas reciben el nombre de isopletras.

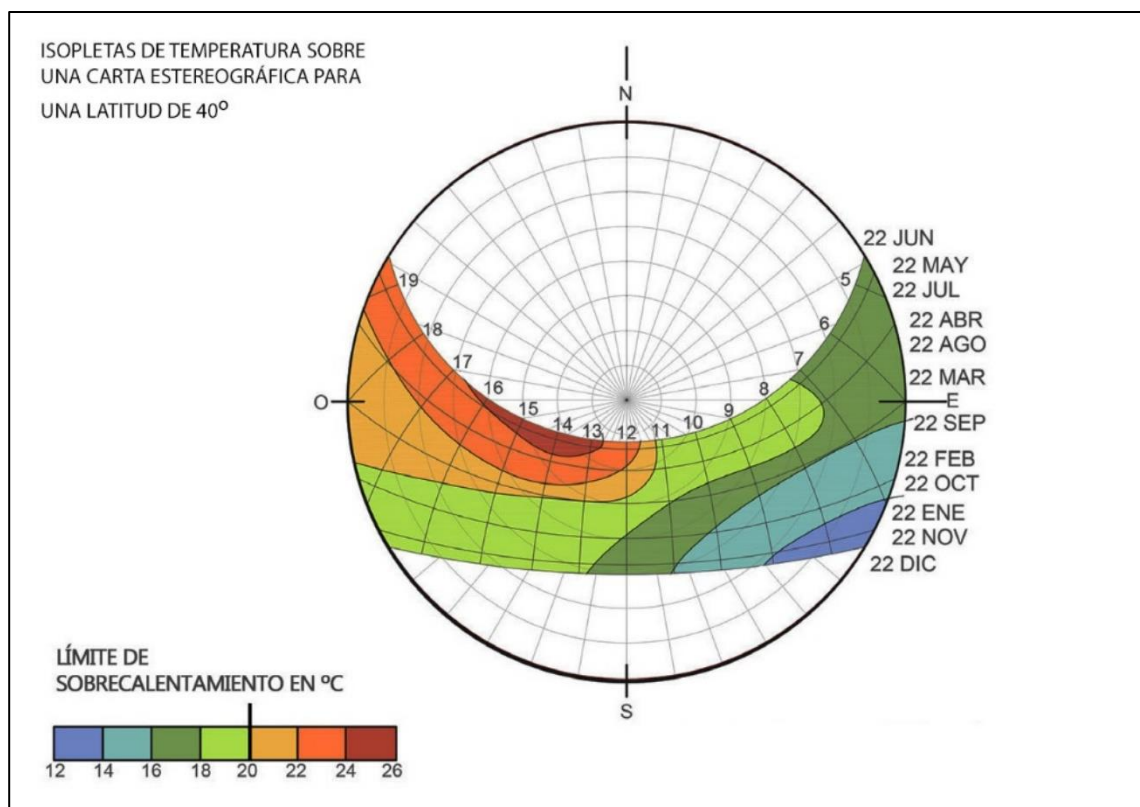


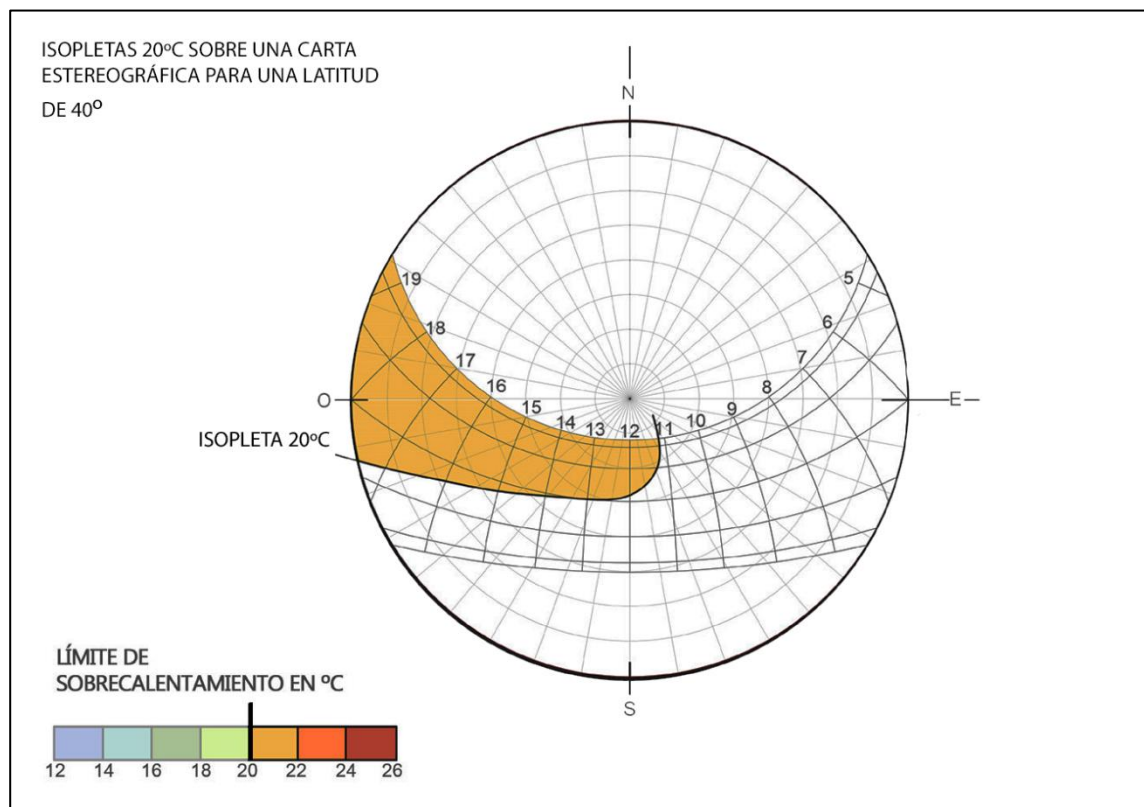
Imagen adjunta 14. Carta estereográfica de la ciudad de Valencia. Isopletras de temperatura.



El riesgo de sobrecalentamiento se presenta cuando la temperatura exterior es igual o mayor a 20°C y existe una incidencia directa de radiación solar provocando ganancias térmicas no deseadas. No obstante, a efectos de cargas térmicas, resulta favorable que haya incidencia directa de radiación solar hacia el interior del edificio siempre que la temperatura del exterior sea inferior a 20°C.

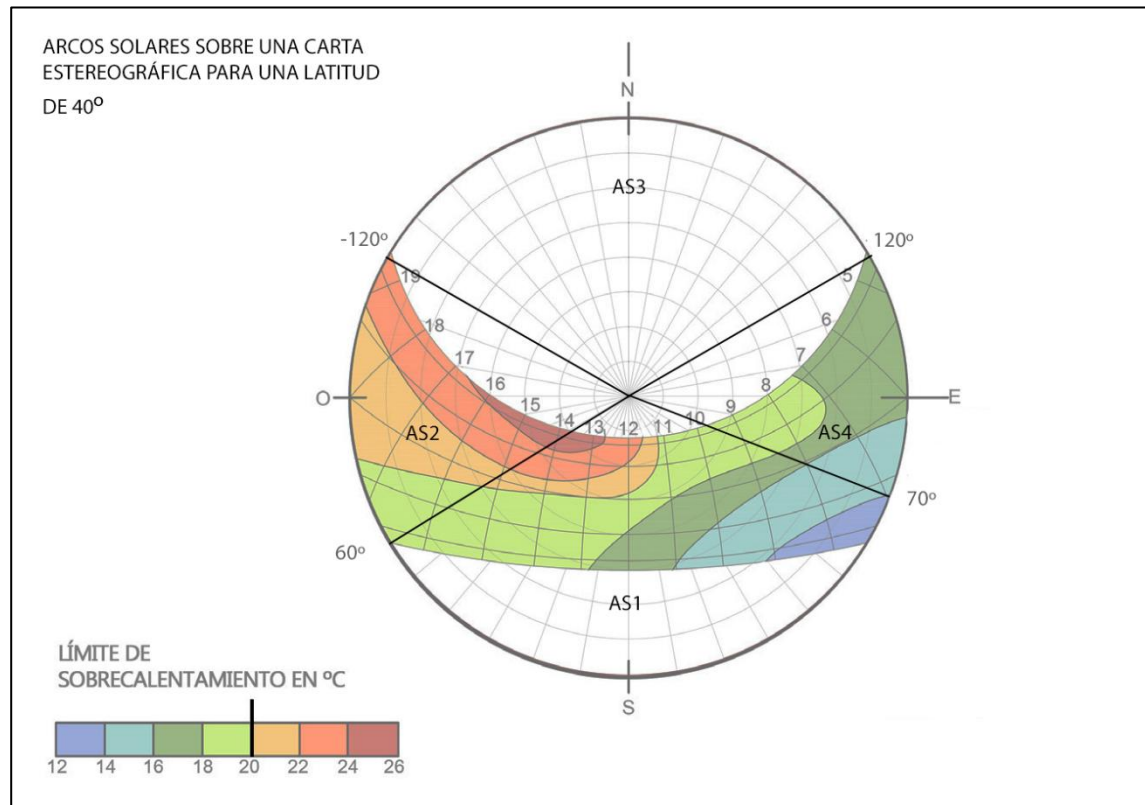
Por este motivo en una carta estereográfica la isopleta de 20°C permite determinar si la incidencia de radiación directa sobre los elementos de fenestración del edificio produce situaciones favorables o desfavorables.

Para el diseño de protecciones solares se partirá de una carta solar estereográfica en la que viene representada la isopleta de 20°C. De este modo, el objetivo de diseño del sistema de protecciones solares es el de cubrir la zona sombreada en el interior de esta isopleta como se ha incluido a continuación.



*Imagen modificada. Carta estereográfica de la ciudad de Valencia. Isopleta crítica de 20°C.*

Por un lado, existe un método que funciona como modo de aproximación que permite realizar una lectura rápida sobre una carta solar estereográfica tras dividirla en cuatro zonas denominadas Arcos Solares. Como el recorrido del Sol varía según la época del año se ha de plantear los sistemas de protección solar en función de los arcos solares en los que se encuentran sus fachadas. A continuación, se puede observar los arcos solares correspondientes a una latitud de 40°:



*Imagen modificada. Arcos Solares.*

**AS1: Arco Solar 1.** Corresponde al máximo soleamiento en las estaciones de invierno y verano para las fachadas orientadas principalmente al sur. Será necesario diseñar un sistema de captación para el invierno y de protección para el verano, lo cual se puede conseguir mediante una serie de lamas horizontales que protejan al hueco o bien mediante un voladizo de dimensión adecuada. Esto permitirá que la radiación solar penetre hacia el interior en las estaciones de otoño e invierno, mientras que en verano la radiación será obstruida.

**AS2: Arco Solar 2.** Representa la trayectoria del movimiento solar durante la tarde. Las fachadas con esta orientación oeste se encuentran perjudicadas por la puesta del Sol en la estación de verano por lo que se ha de intentar limitar en lo posible. La solución es plantear un sistema de protecciones verticales que permitan la entrada de radiación solar en los meses más fríos del año y que la impida a partir del equinoccio de primavera. Además, será necesario una serie de elementos horizontales para proteger a esta fachada contra la radiación solar durante la estación del verano.

**AS3: Arco Solar 3.** Las fachadas orientadas al norte no reciben radiación solar directa, por lo que no es necesario plantear ningún sistema de protección frente al sobrecalentamiento. No obstante, es necesario tener en cuenta las pérdidas de calor que puede generar esta orientación, además del posible deslumbramiento que puede producirse durante la salida y puesta del Sol durante el solsticio de verano. Esto se puede lograr mediante una serie de lamas verticales.

**AS4: Arco Solar 4.** El último de los arcos representa la radiación solar matutina en los meses calurosos del año en las fachadas orientadas mayormente al este. Con esta orientación la influencia de la radiación solar en invierno es prácticamente nula e incluso en verano se observa poca influencia, haciendo que sea mayoritariamente favorable durante todo el año. Para fachadas orientadas al este, se puede plantear sistemas de protecciones verticales cuya geometría coincide con la dirección de la salida del Sol durante los meses fríos del año, permitiendo aprovechar la radiación solar durante esta época y proteger de ella en los meses más calurosos.

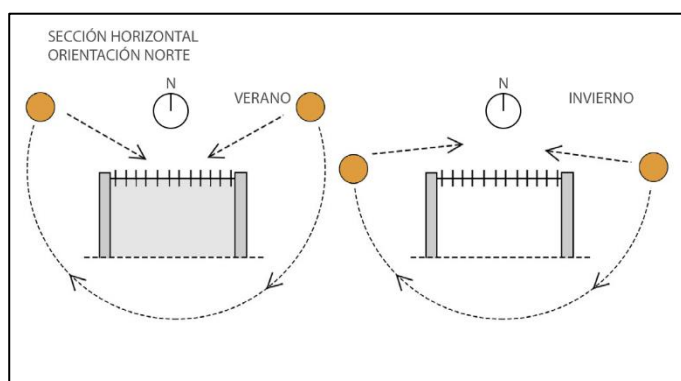


Imagen de elaboración propia. Hueco orientado al norte. Valoración de la incidencia solar en verano/invierno.

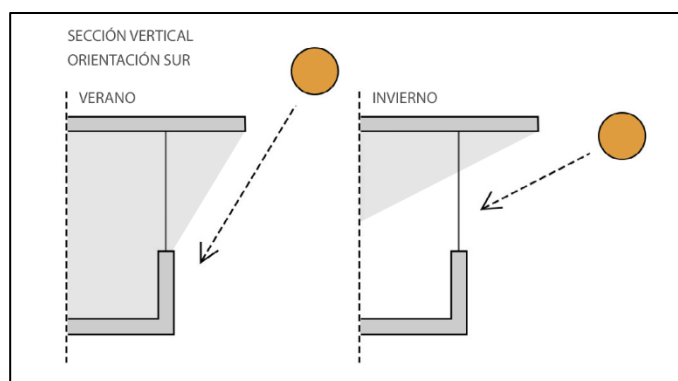


Imagen de elaboración propia. Hueco orientado al sur. Valoración de la incidencia solar en verano/invierno.

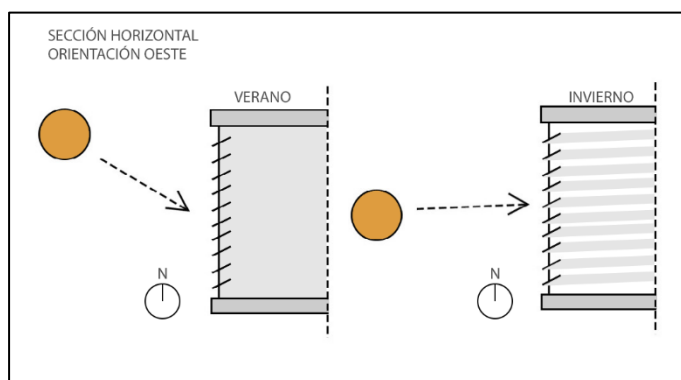


Imagen de elaboración propia. Hueco orientado al oeste. Valoración de la incidencia solar en verano/invierno.

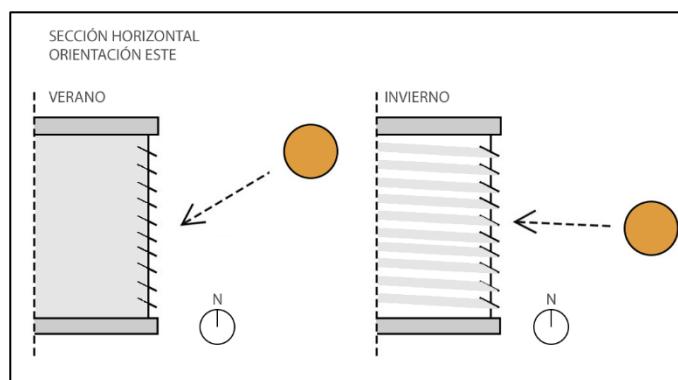


Imagen de elaboración propia. Hueco orientado al este. Valoración de la incidencia solar en verano/invierno.

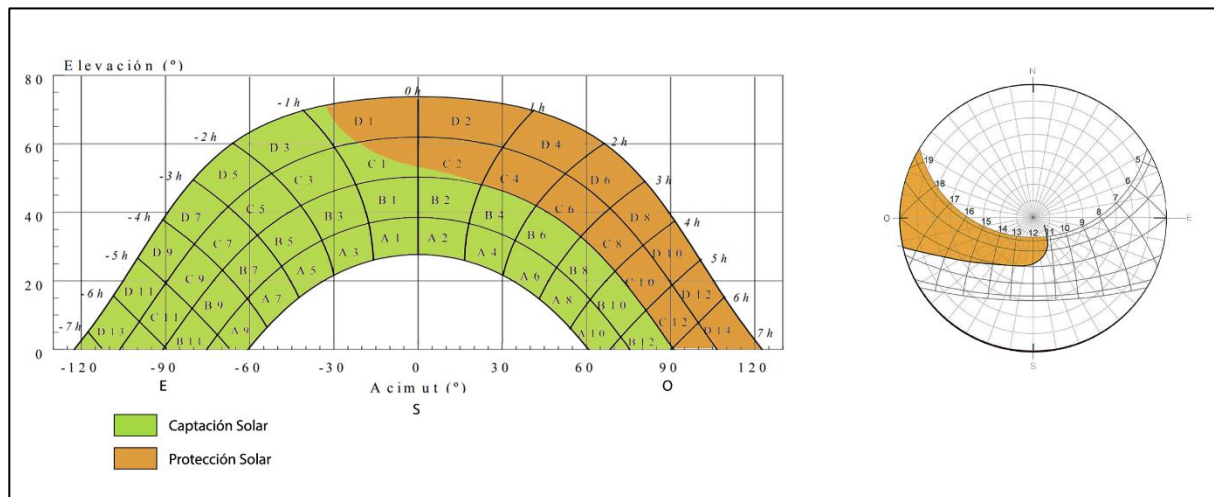
Antes de empezar a plantear una solución o estrategia de protección solar, se ha de realizar un estudio de la ubicación del edificio elegido además de su entorno inmediato y la orientación de sus fachadas. Con este procedimiento se determina la incidencia de radiación solar sobre estas y las pérdidas generadas por obstrucciones que arrojan sombra.

Como se ha explicado anteriormente en el apartado “02.2.4: Cálculo de Obstrucciones”, al determinar el comportamiento de las obstrucciones del entorno del punto del estudio, se puede observar en qué intervalos del año ese punto se encuentra en sombra protegido de la radiación solar.

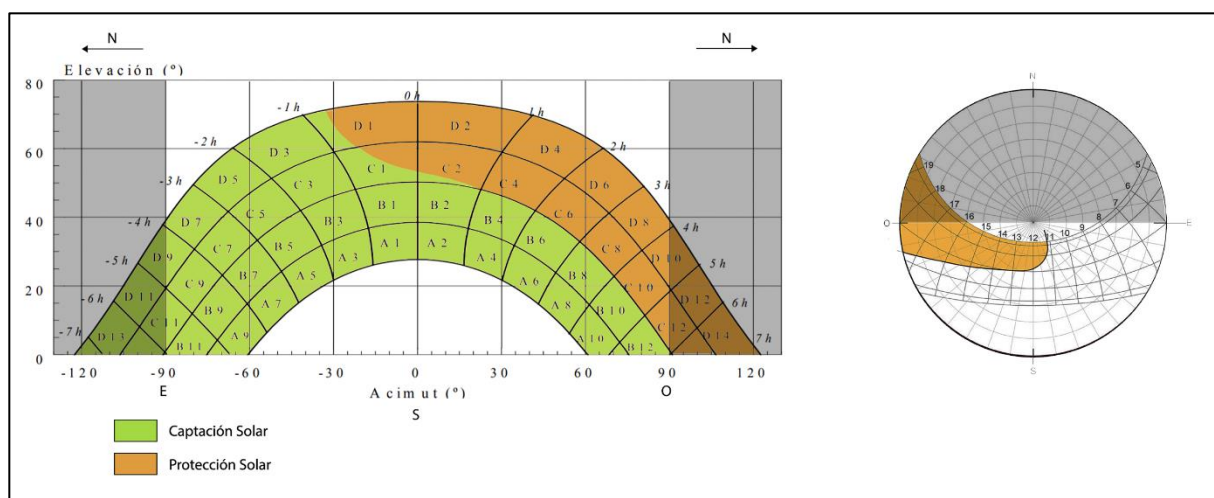
Para este procedimiento es necesario la superposición de dos imágenes en proyección cónica: el diagrama de trayectorias del Sol proporcionado por el CTE DB HE4 y la proyección de obstrucciones solares del entorno.

Primero se localiza las coordenadas angulares (acimut y altura sobre el horizonte) de los obstáculos principales, seguido de la representación de estos obstáculos en el diagrama de las trayectorias solares mencionado anteriormente.

Se ha incluido unas imágenes a continuación que representan estos dos pasos. Tanto en la carta solar cilíndrica como en la estereográfica se ha grafiado la incidencia solar deseada e indeseada. Además, se ha incluido un ejemplo de una fachada orientada estrictamente al sur, sin protecciones y sin sombras arrojadas por obstáculos. La parte de la esfera celeste que corresponde a la orientación Norte se encuentra en sombra debido a que no puede recibir radiación solar directa.



*Imagen de elaboración propia. Carta solar cilíndrica y carta solar estereográfica. Incidencia solar favorable/desfavorable.*



*Imagen de elaboración propia. Carta solar cilíndrica y carta solar estereográfica. Máscara de sombras.*

### **3. PROCEDIMIENTO PRÁCTICO**

Una vez entendidos los fundamentos teóricos que son esenciales para llevar a cabo este trabajo de investigación, se procede a realizar el análisis energético del edificio en base a la cantidad de radiación solar que incide sobre sus fachadas. Como se ha explicado anteriormente, el objetivo de este trabajo es realizar un estudio del edificio tal como está construido y proponer un sistema de protecciones solares, para mejorar el consumo energético global del edificio en cuanto a la tasa de climatización. Posteriormente se llevará a cabo una comparación entre ambas situaciones para analizar la mejora que aportan los sistemas diseñados.

Primero de todo, con el edificio ya elegido y documentado, se realizará una volumetría de este para poder importarlo en el programa de 3ds Max para poder analizar las trayectorias solares que afectan a cada fachada. Este modelo se ubicará en función de la fachada que se pretende analizar. Por ejemplo, para analizar la fachada sur se colocará un punto de referencia en un hueco cualquiera de esta fachada y se ubicará en el centro de coordenadas del espacio de trabajo, respetando la orientación del edificio. Este proceso se realizará para cada fachada del edificio para recibir información sobre la incidencia de radiación deseada e indeseada que penetra hacia el interior, además de las obstrucciones solares que generan sombras.

El siguiente paso consistirá en introducir el edificio objeto del estudio en el programa CE3X. Será necesario definir los datos de la envolvente térmica del edificio, su orientación, la máscara de sombras de cada fachada, sistemas de climatización etc., para generar un certificado energético global del edificio, la demanda energética aproximada de calefacción y refrigeración respectivamente, emisión de dióxido de carbono, la tasa de energía no renovable, entre otros datos.

Una vez obtenido el certificado energético, se reflexionará sobre qué fachadas y elementos están produciendo la deficiencia energética. Con los componentes problemáticos ubicados, se tratará de proponer un sistema de protecciones solares para limitar el impacto negativo que producen. Estos sistemas se diseñarán mediante la metodología gráfica explicado en los fundamentos teóricos, usando Cartas Solares que corresponden con la latitud que presenta la ubicación del edificio estudiado.

Con el sistema de protecciones implementado en la volumetría, será necesario volver a analizar las fachadas en las que se ha intervenido. Esto se debe a que la máscara de sombras habrá cambiado gracias a la presencia de las protecciones solares y por lo cual, la incidencia de radiación solar será distinta.

Tras haber analizado las nuevas máscaras de sombras, esta nueva información se introducirá en el programa CE3X y se generará de nuevo el certificado energético con el fin de realizar una comparación de “antes” y “después”, para determinar cómo de eficaces son los sistemas de protección propuestas y para ver si su implementación tiene rentabilidad.



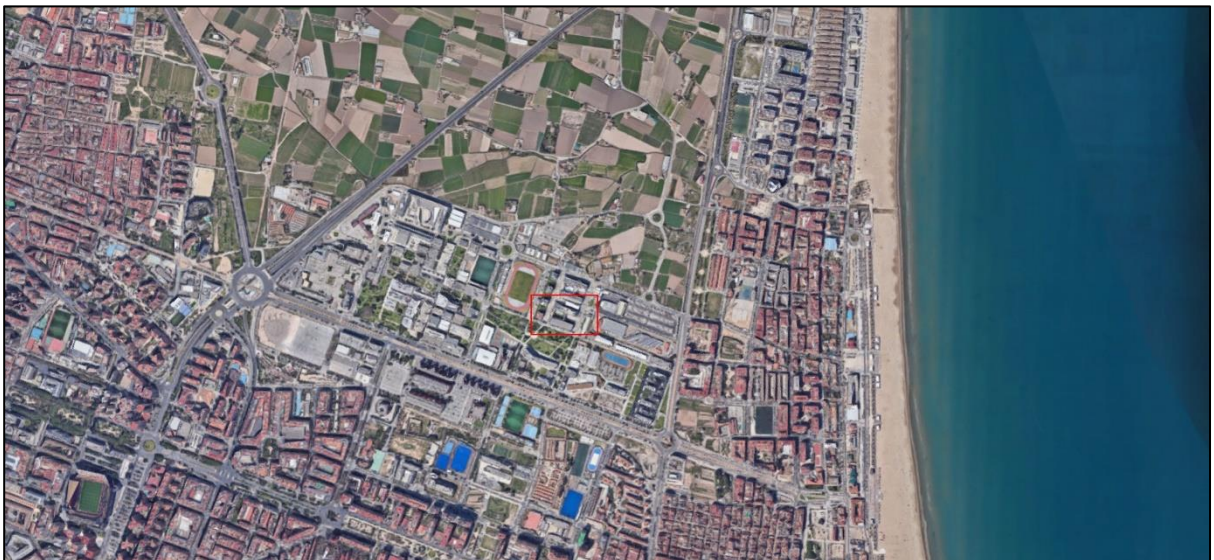
#### **4. DESARROLLO PRÁCTICO**

En este apartado se va a desarrollar detalladamente cada paso que se ha explicado en el punto anterior con el fin de aportar una comprensión global de las medidas tomadas, sus causas y sus consecuencias.

##### **1.6.ELECCIÓN DEL EDIFICIO**

Se ha elegido como edificio a analizar la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño ETSID de la Universidad Politécnica de Valencia, ubicada en la intersección de la Calle Pedro Duque y la Calle Valentina Tereshkova. A continuación, se adjunta imágenes donde se puede observar la ubicación del edificio. A efectos de este trabajo, es necesario analizar los cuatro componentes que forman el conjunto; bloque norte, bloque sur, hall y pasarela.

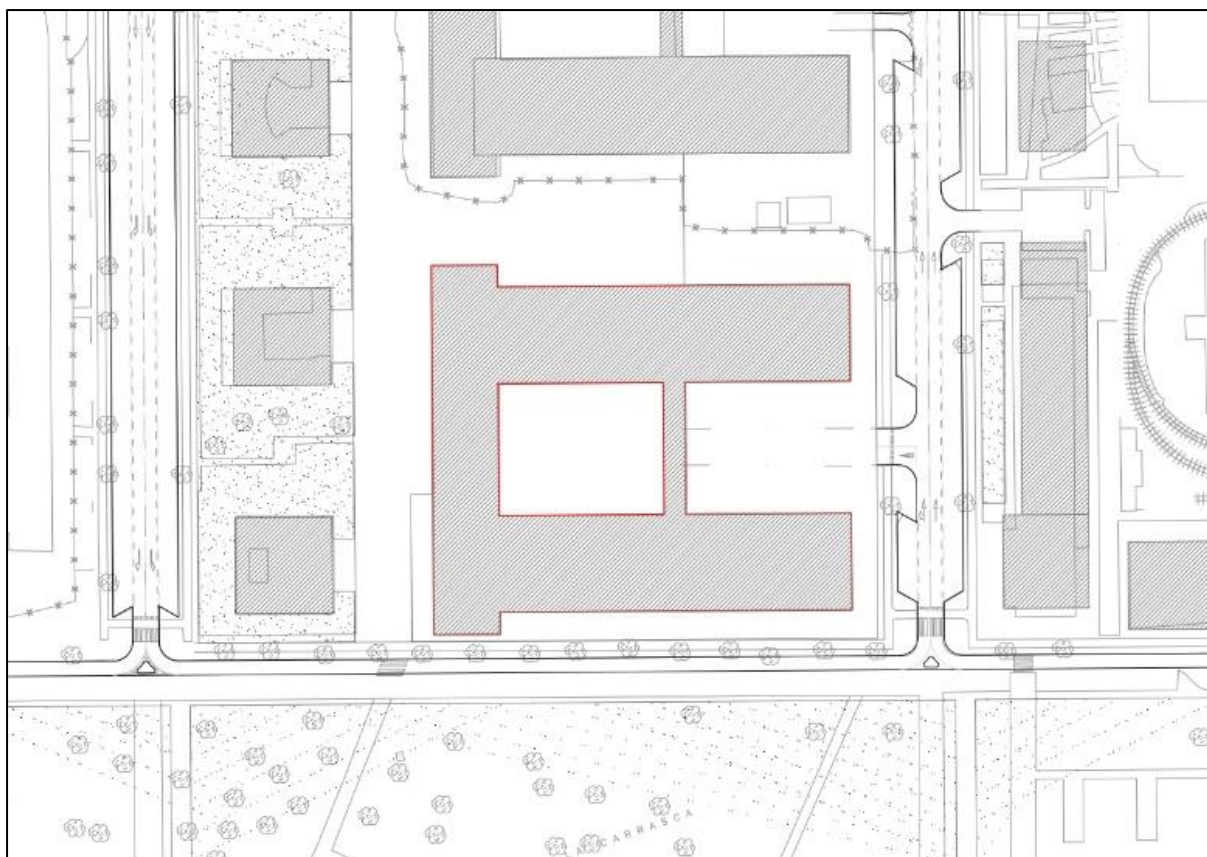
El edificio en cuestión resulta ser un caso ejemplar para este trabajo ya que todas las fachadas han recibido el mismo tratamiento compositivo, con una cantidad elevada de huecos y en ninguna de ellas se puede observar una tipología de protección solar. Además, su ubicación en el campus de la Universidad permite un acceso libre que facilita la toma de datos que se explica a continuación.



*Imagen adjunta 15. Emplazamiento.*



*Imagen adjunta 16. Situación.*



*Imagen de elaboración propia. Entorno.*



### 1.7. TOMA DE DATOS. MODELADO 3D.

Debido al estado de confinamiento nacional que ha tomado lugar durante este curso académico (2019-2020), la toma de datos se ha realizado a base de los planos proporcionados en la página web de la Universidad Politécnica de Valencia y complementado mediante imágenes obtenidos con la aplicación de Google Maps Street View.

Una vez obtenidos los planos y alzados, se ha creado un modelo 3D del edificio de todas las plantas excepto la planta correspondiente al Semisótano, ya que esta es un espacio abierto al exterior sin sistemas de calefacción y refrigeración y por tanto no computará en los cálculos de este trabajo.



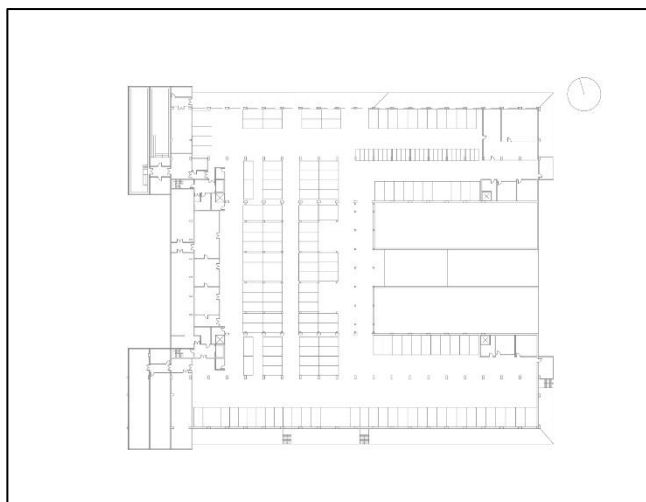
Imagen adjunta 17. Vista aérea.



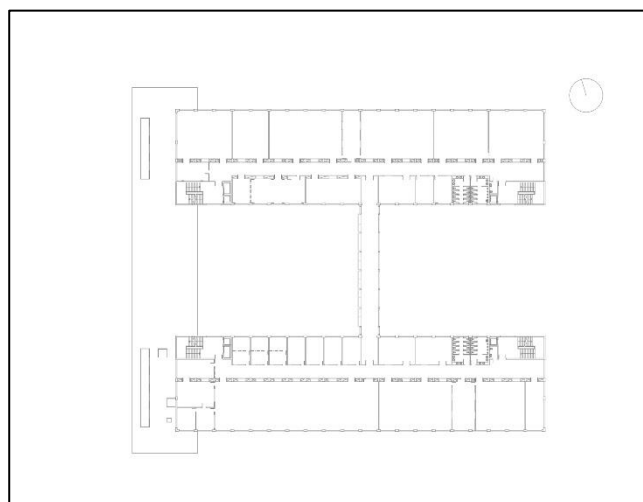
Imagen adjunta 18. Vista genérica.



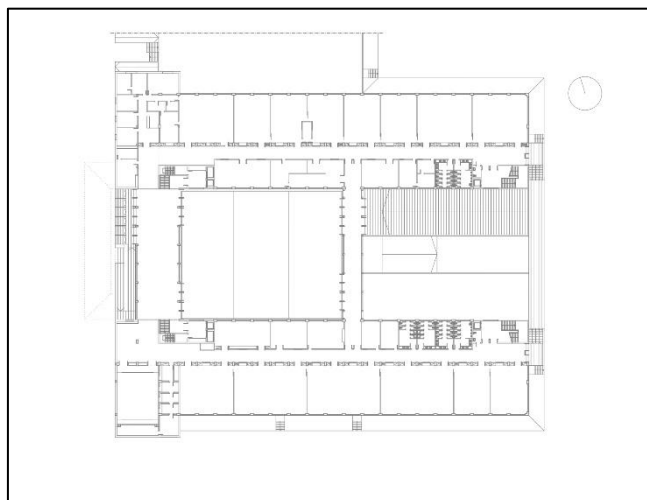
En las siguientes hojas a continuación se incluyen los planos y alzados generados.



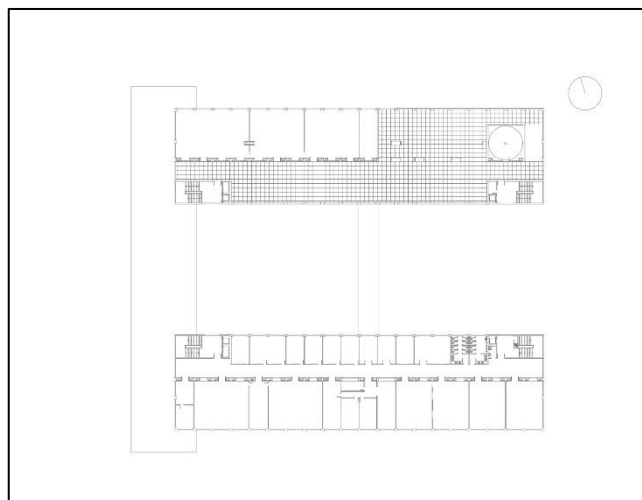
*Imagen de elaboración propia. Semisótano.*



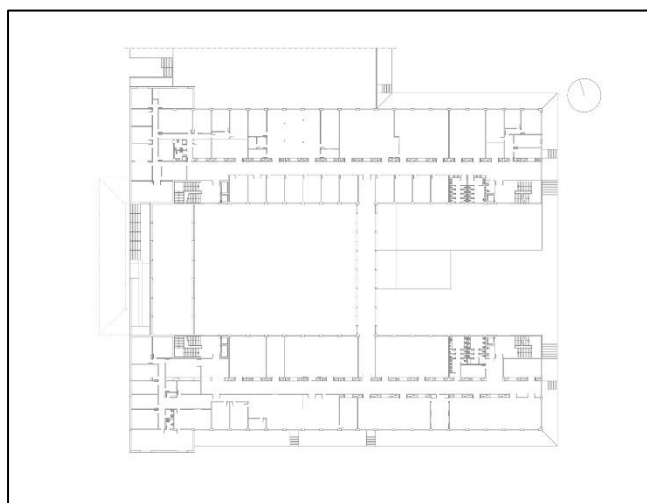
*Imagen de elaboración propia. Planta Segunda.*



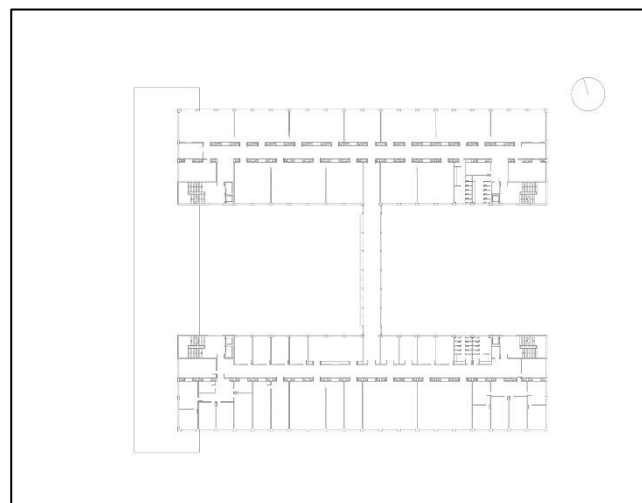
*Imagen de elaboración propia. Planta Baja.*



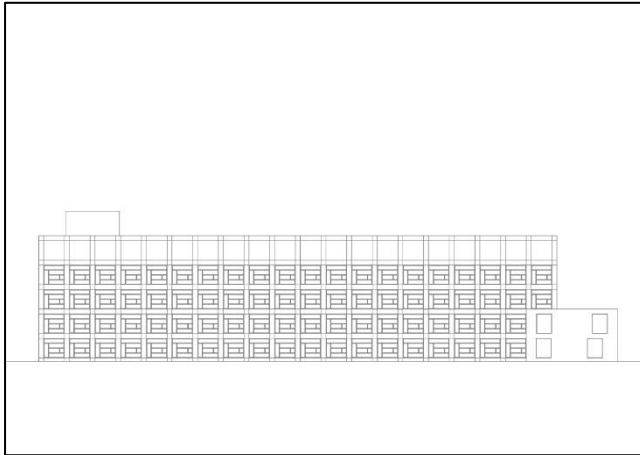
*Imagen de elaboración propia. Planta Tercera.*



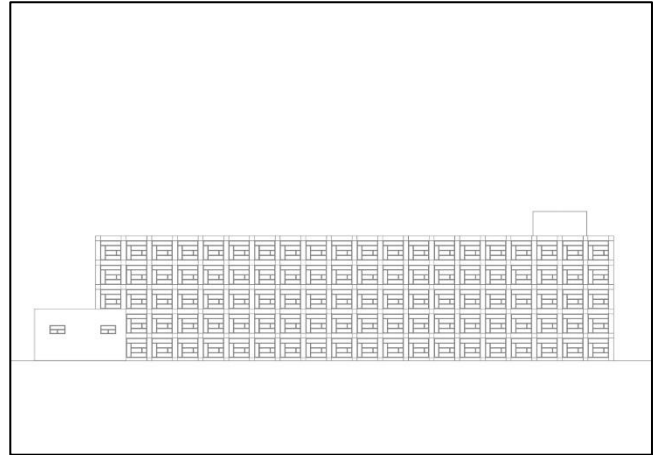
*Imagen de elaboración propia. Planta Primera.*



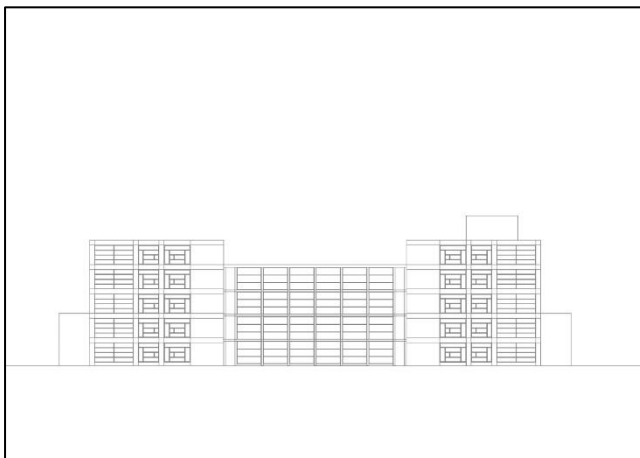
*Imagen de elaboración propia. Planta Cuarta.*



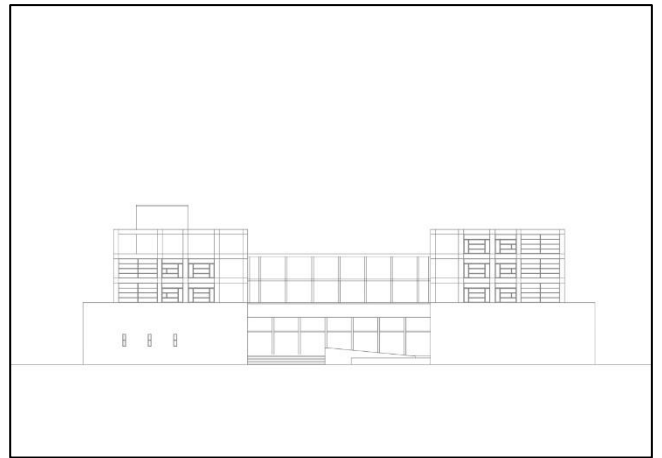
*Imagen de elaboración propia. Fachada Norte.*



*Imagen de elaboración propia. Fachada Sur.*

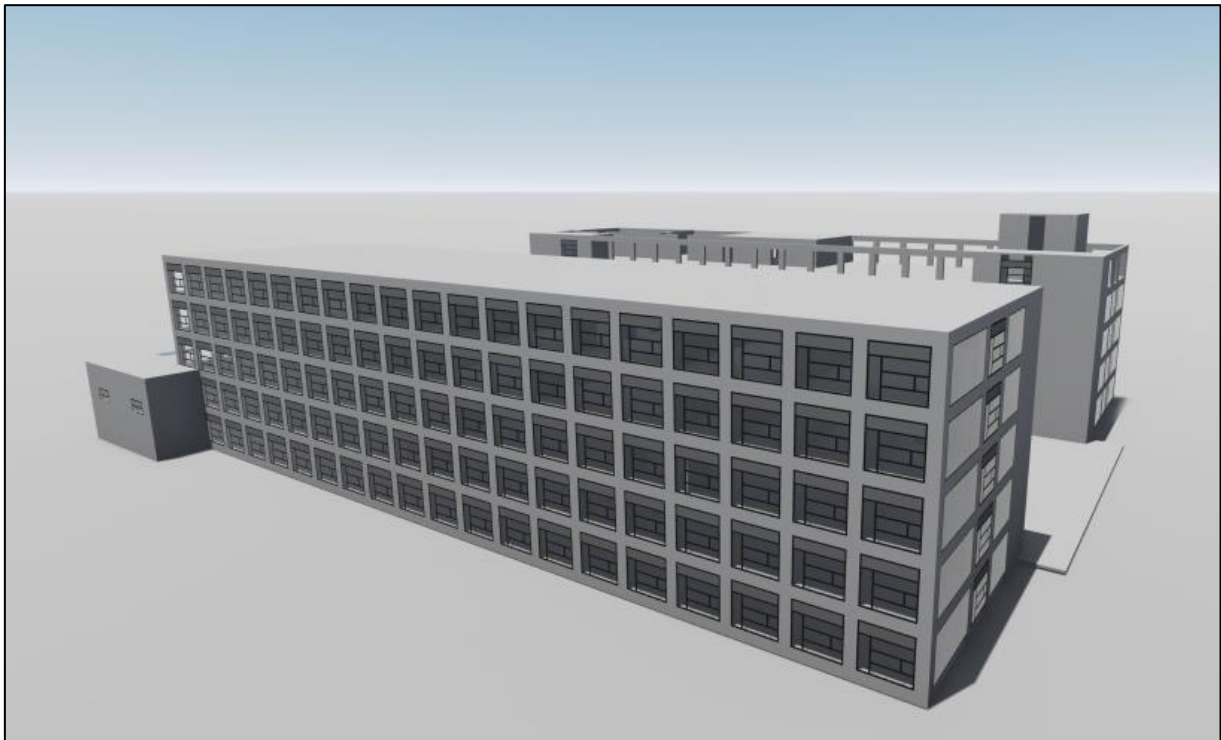


*Imagen de elaboración propia. Fachada Sudoeste.*



*Imagen de elaboración propia. Fachada Este.*

Como se puede apreciar en las imágenes incluidas a continuación, el vidrio y el número elevado de huecos presentes en las fachadas dominan la composición y desarrollan un papel fundamental en la posibilidad de mejora energética del edificio.



*Imagen de elaboración propia. Vista genérica fachada sur.*



*Imagen de elaboración propia. Vista Hall. Acceso principal.*

### 1.8. EXTRACCIÓN DE PANORÁMICAS. BÓVEDA CELESTE.

Este apartado corresponde con la generación de imágenes panorámicas a partir del modelo 3D que se ha creado. Para conseguir estas imágenes se ha de orientar el edificio respecto al Norte para que coincida con la realidad y posteriormente importar el modelo en el programa 3ds Max. El espacio de trabajo donde se ha importado el modelo incluye una esfera celeste facilitada por el tutor de este trabajo y corresponde a una latitud de 39º coincidiendo con la latitud de la ciudad de Valencia.

Para realizar el estudio es necesario colocar puntos de referencia en huecos cualesquiera de cada fachada. El modelo se importa según estos puntos de referencia haciendo que coincidan con el centro de coordenadas del espacio de trabajo 0,0,0.

Estos puntos se han situado 10 cm por encima de la carpintería inferior del hueco elegido y coinciden con el centro geométrico de la esfera celeste. Sirven como puntos de observación donde se colocará una cámara orientada al sur para obtener información sobre el movimiento aparente del Sol y por consecuencia, la incidencia de radiación solar considerado favorable, grafiada en verde, además de la incidencia de radiación solar desfavorable, grafiada en rojo y la máscara de sombras que corresponde a ese punto analizado.

A continuación, se ha adjuntado capturas de pantalla para poder apreciar cómo se ha colocado el edificio en el espacio de trabajo y la superposición con la esfera celeste.

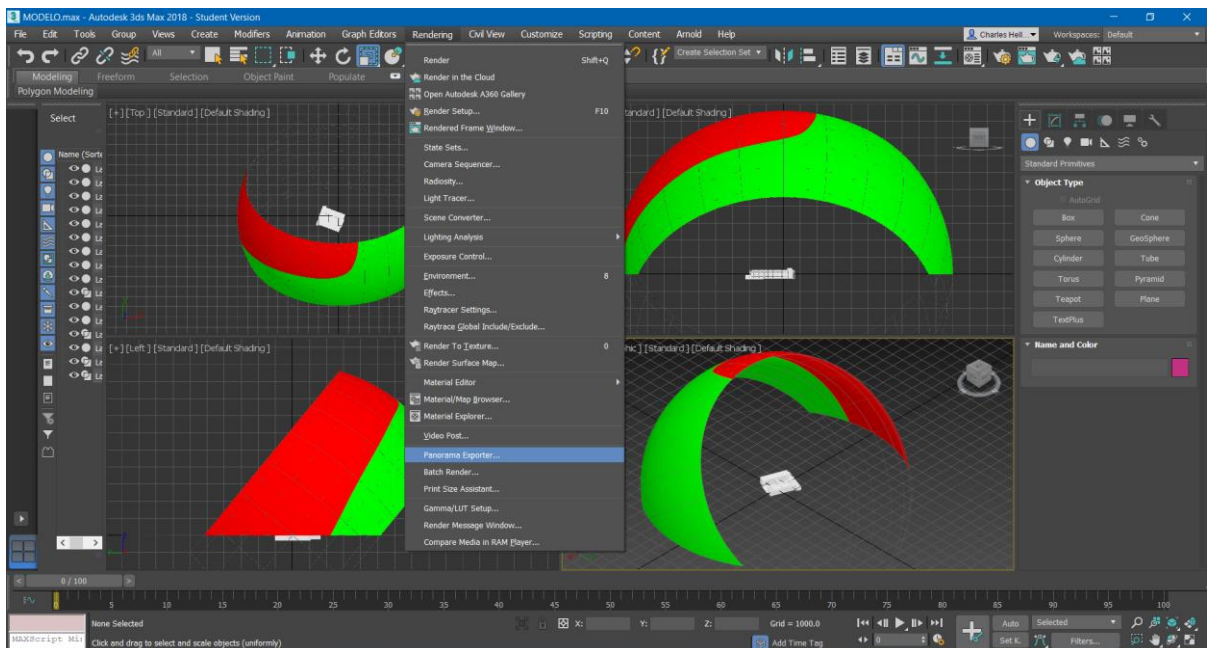
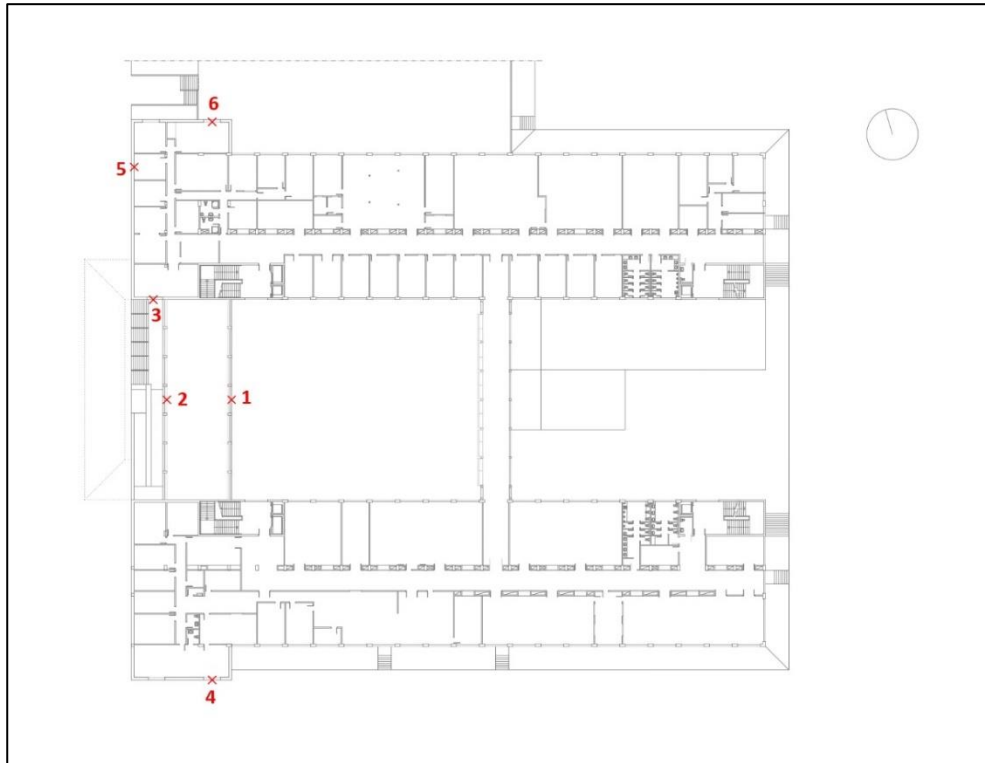
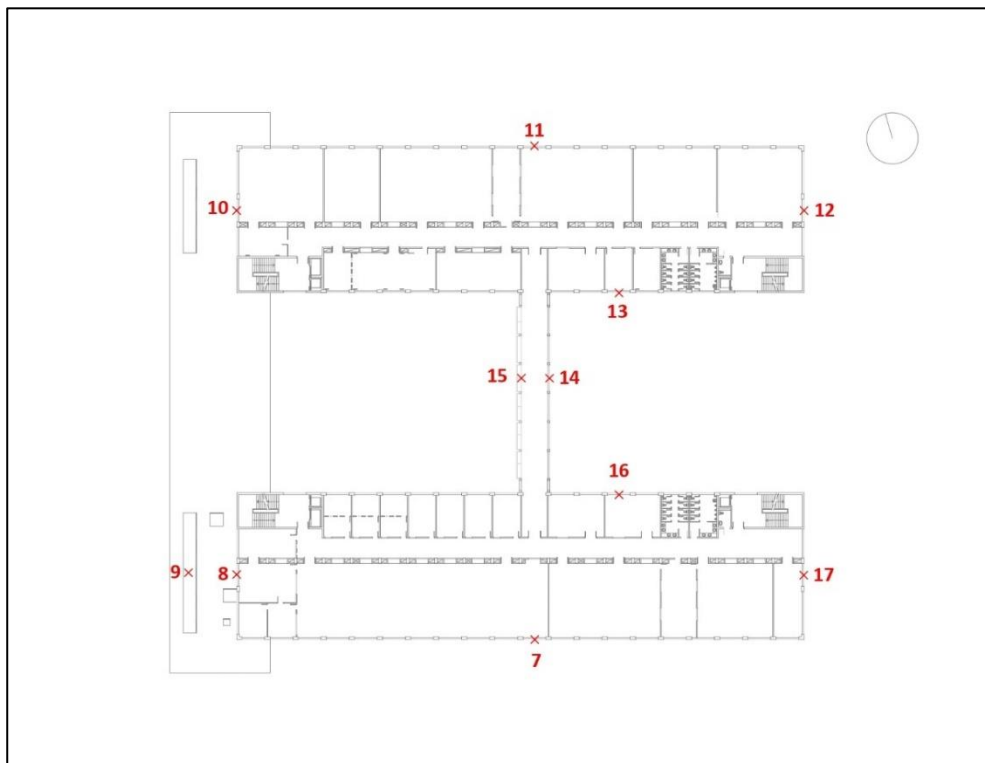


Imagen de elaboración propia. Captura de 3ds MAX. Proceso de renderizado.

Como se ha buscado obtener la mayor cantidad de información posible para obtener resultados más aproximados a la realidad, se ha analizado todas las fachadas de los cuatro elementos que forman el conjunto. Se incluye a continuación imágenes que señalan los 17 puntos de referencia elegidos y las plantas correspondientes.



*Imagen de elaboración propia. Puntos de referencia. Planta Primera.*



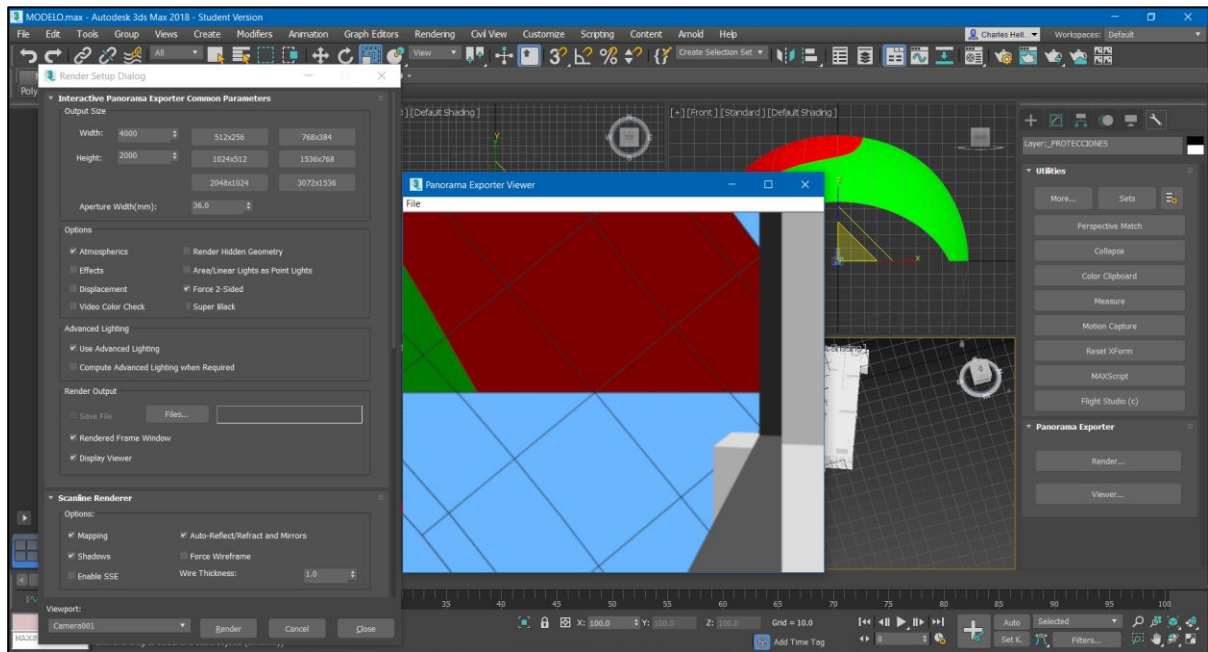
*Imagen de elaboración propia. Punto de referencia. Planta Tercera.*

Estrategias gráficas de mejora del desempeño energético en edificios existentes mediante la aplicación de protecciones solares.

Para generar las panorámicas el procedimiento a seguir se demuestra en la captura adjunta y es el siguiente:

1. Rendering -panel superior-
2. Panorama Exporter -dentro del menú desplegable-
3. Render -panel derecho-

Es importante obtener una imagen cuyas dimensiones corresponden a una anchura A y una altura A/2.

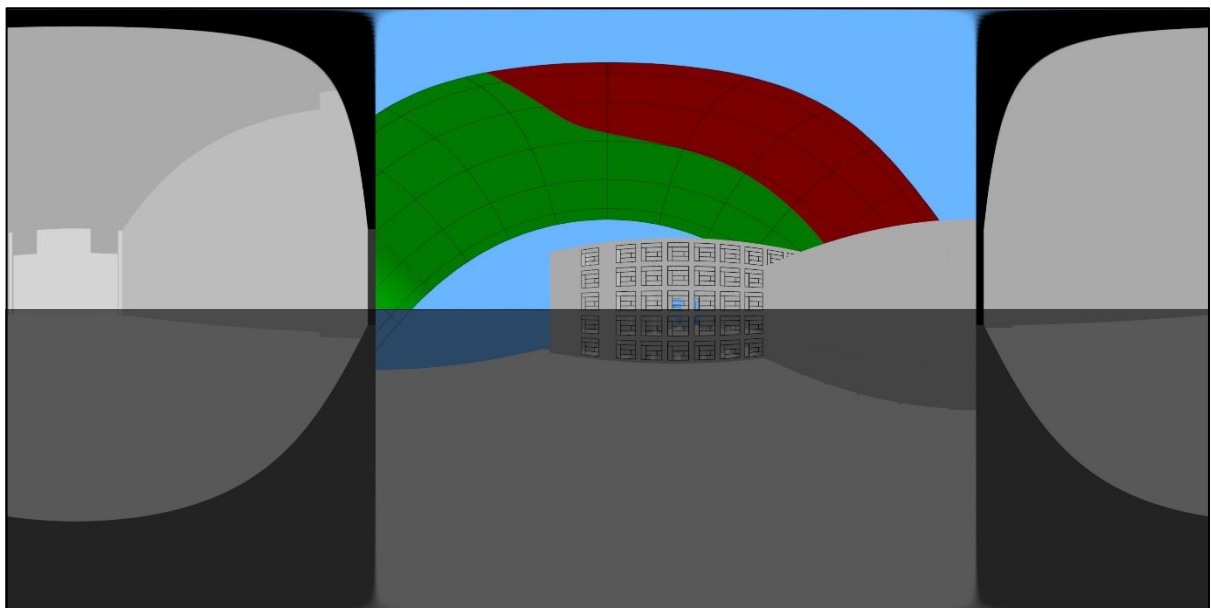


*Imagen de elaboración propia. Captura de 3ds MAX. Ajustes de renderizado.*

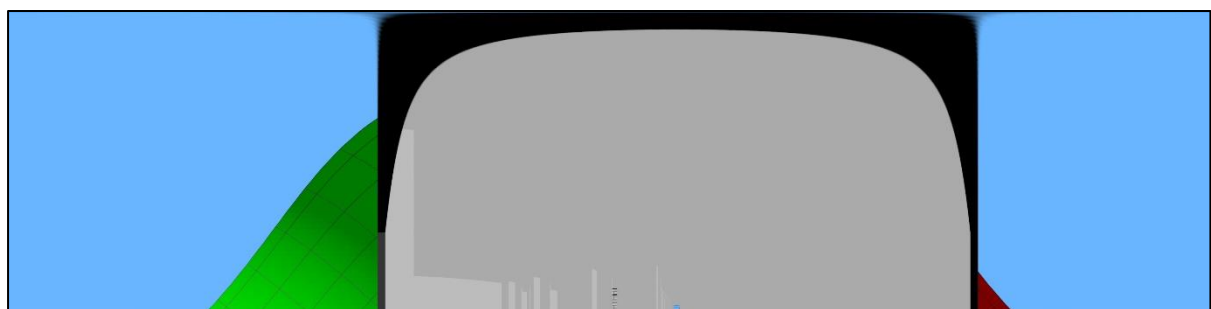
En estas hojas se incluyen una colección de las panorámicas correspondientes a cada uno de los 17 puntos de referencia descritos anteriormente. Es fundamental remarcar que las zonas grafiadas en verde representan la incidencia de radiación solar favorable, mientras que las zonas grafiadas en rojo corresponden a la radiación solar desfavorable que contribuye al sobrecalentamiento de los espacios interiores.

La primera captura no ha sido recortada para demostrar cómo se genera la panorámica en su totalidad, ocultando todo aquello que se encuentre por debajo de la línea del horizonte ya que no existe incidencia de radiación solar por debajo de esta. Las demás panorámicas han sido recortadas desde la línea del horizonte hacia abajo por este mismo motivo.

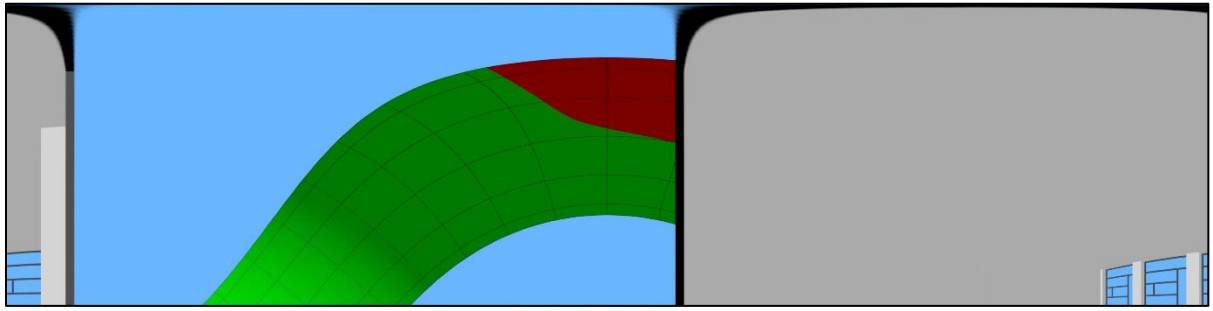
### BLOQUE NORTE



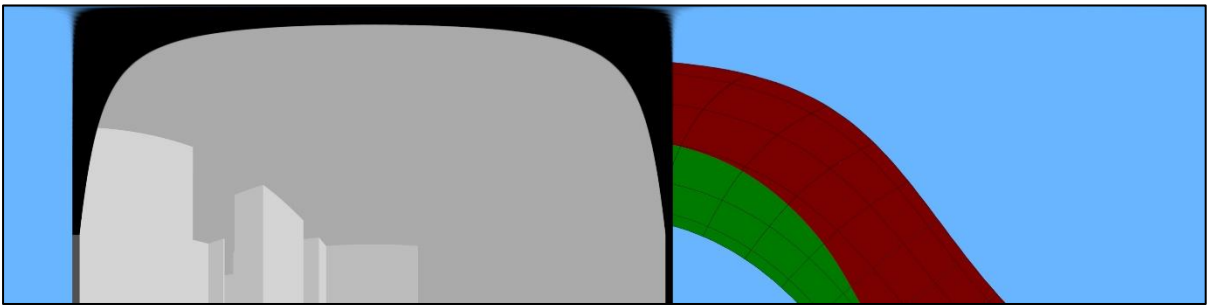
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Bloque Norte Fachada Sur. Punto 13.*



*Imagen de elaboración propia. Panorámica Bloque Norte Fachada Norte. Punto 11.*



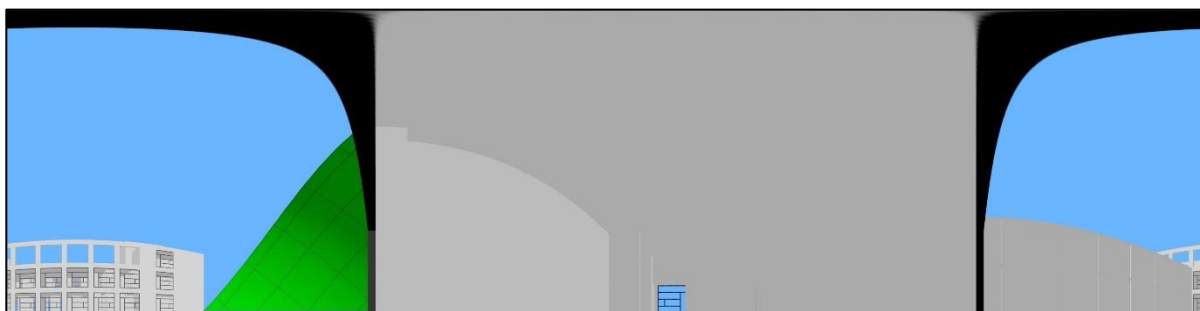
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Bloque Norte Fachada Este. Punto 12.*



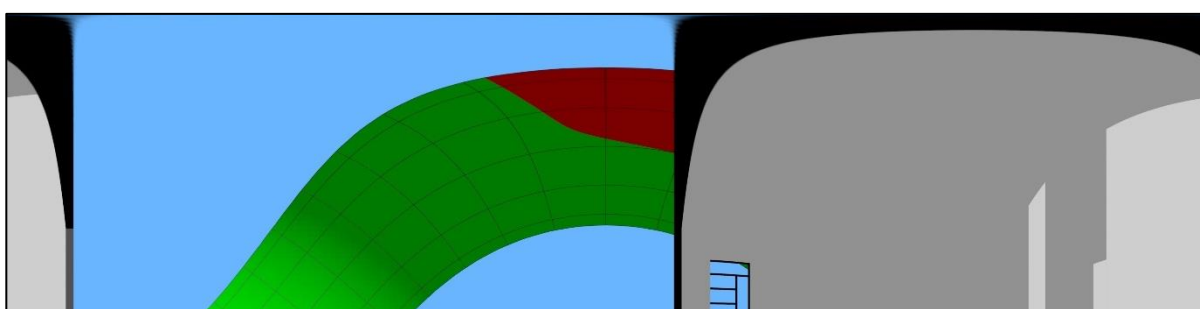
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Bloque Norte Fachada Sudoeste. Punto 10.*



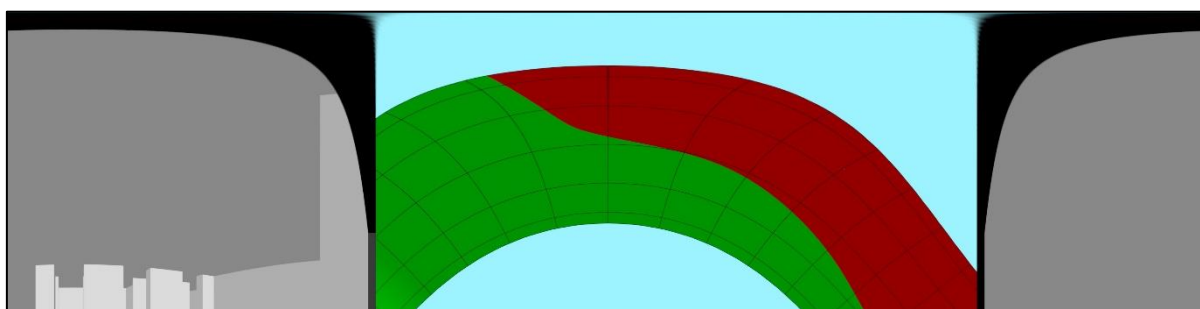
## BLOQUE SUR



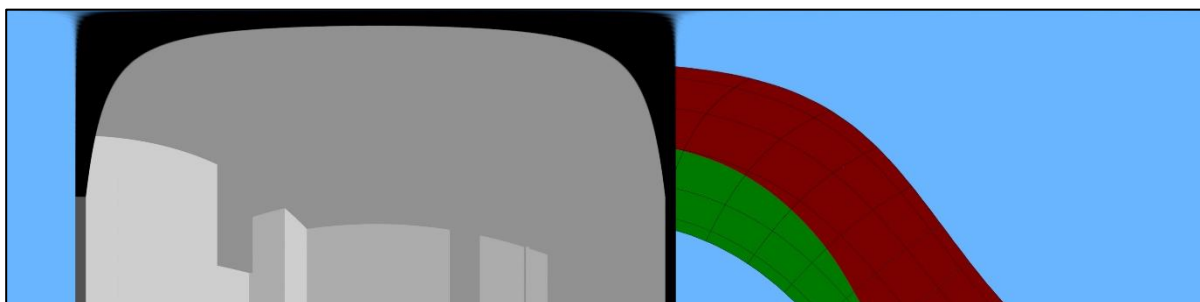
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Bloque Sur Fachada Norte. Punto 16.*



*Imagen de elaboración propia. Panorámica Bloque Sur Fachada Este. Punto 17.*



*Imagen de elaboración propia. Panorámica Bloque Sur Fachada Sur. Punto 7.*

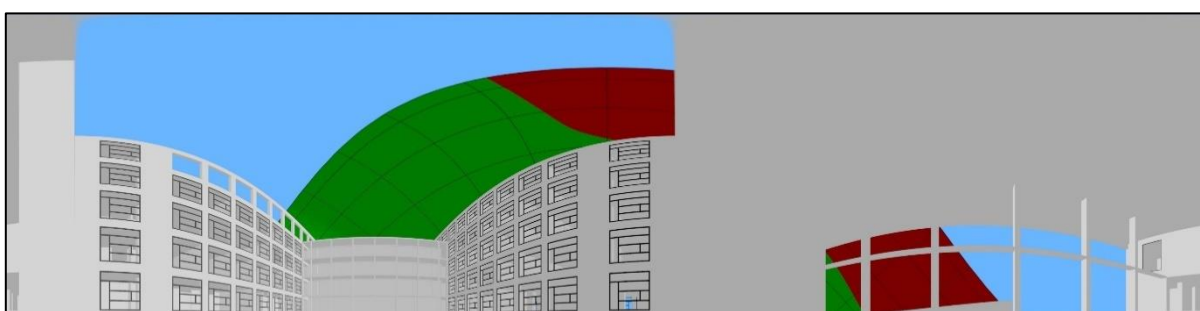


*Imagen de elaboración propia. Panorámica Bloque Sur Fachada Sudoeste. Punto 8.*

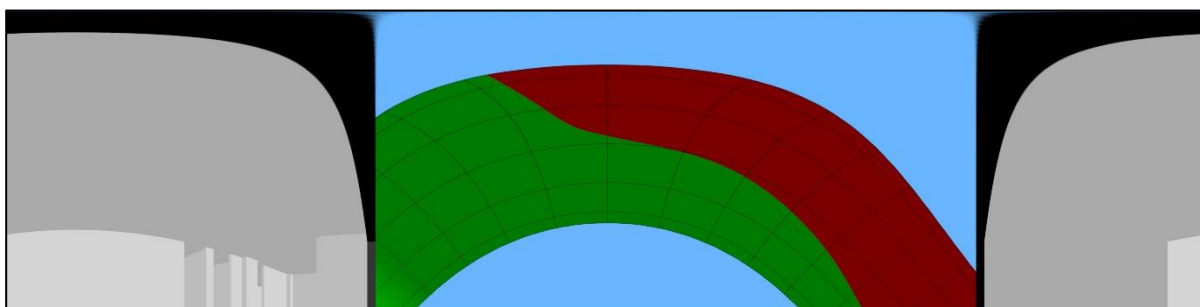
## HALL



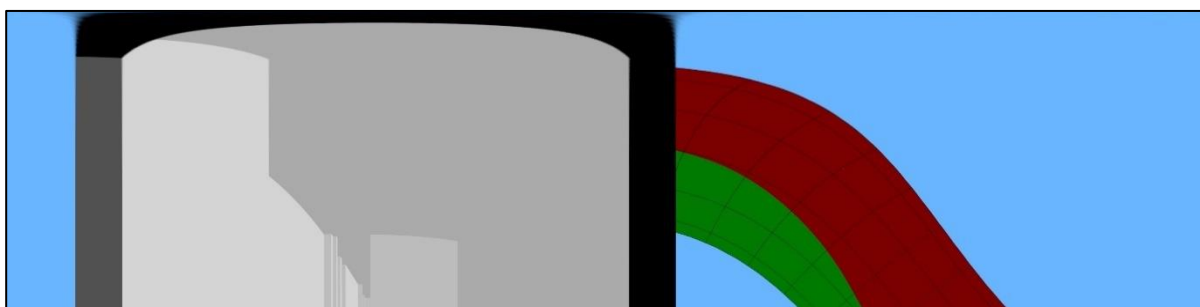
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Hall Fachada Norte. Punto 6.*



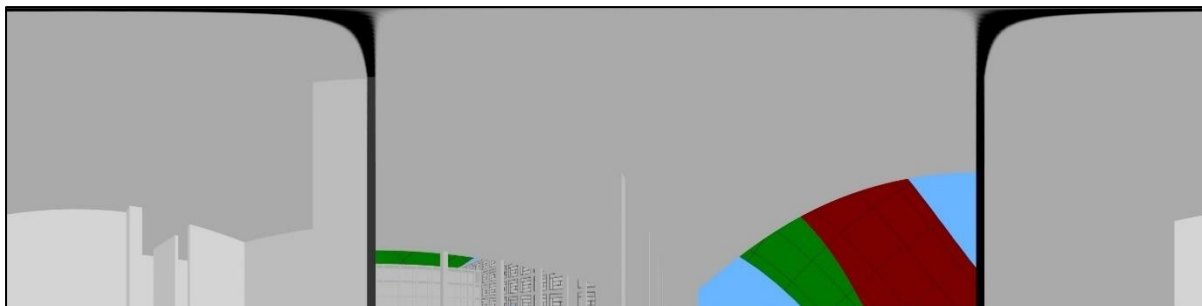
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Hall Fachada Este. Punto 1.*



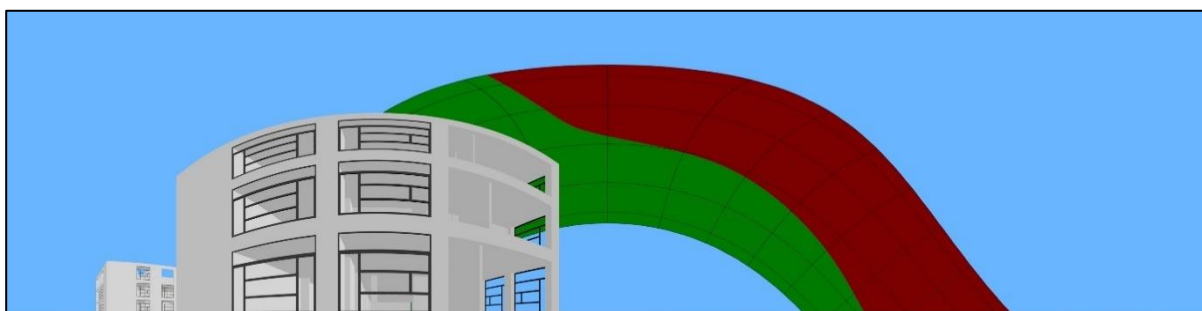
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Hall Fachada Sur. Punto 4.*



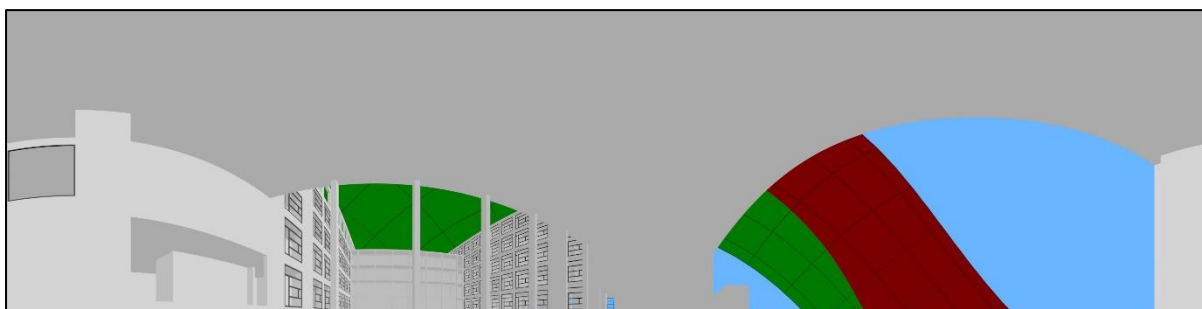
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Hall Fachada Sudoeste. Punto 5.*



*Imagen de elaboración propia. Panorámica Hall Hueco Entrada. Punto 3.*

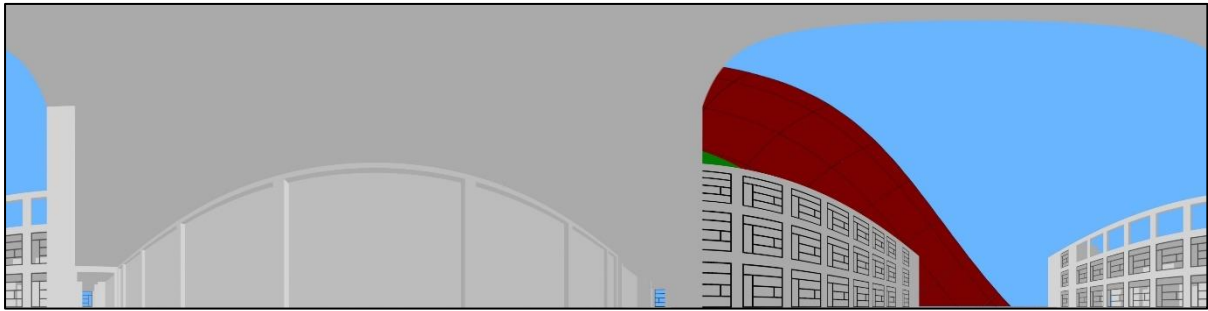


*Imagen de elaboración propia. Panorámica Hall Lucernario Cubierta. Punto 9.*

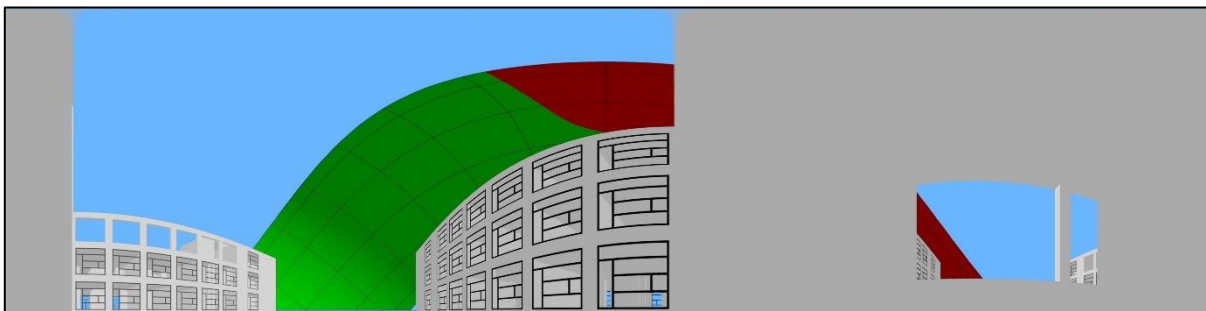


*Imagen de elaboración propia. Panorámica Hall Fachada Entrada. Punto 2.*

## PASARELA



*Imagen de elaboración propia. Pasarela Fachada Sudoeste. Punto 15.*

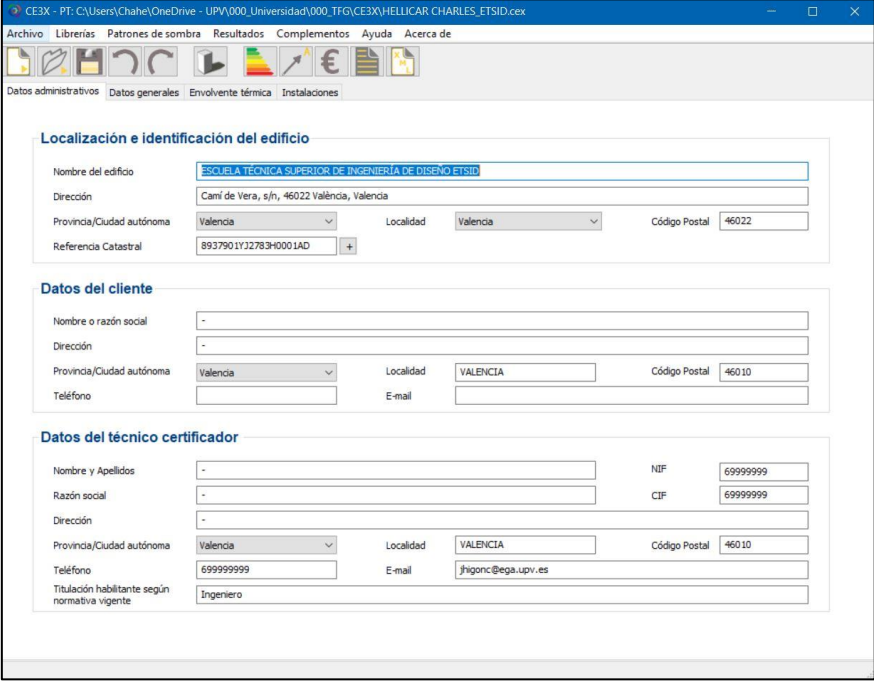


*Imagen de elaboración propia. Pasarela Fachada Este. Punto 14.*

## 1.9.INTRODUCCIÓN DE DATOS. CE3X.

El siguiente paso consiste en la incorporación el edificio en el programa CE3X; un software que permite generar certificados energéticos simplificados. Para ello es necesario introducir una serie de datos que se demuestra con capturas a continuación.

### 1.9.1. Datos administrativos y generales.



CE3X - PT: C:\Users\Chahe\OneDrive - UPV\000\_Universidad\000\_TFG\CE3X\HELLICAR CHARLES\_ETSID.cex

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones

#### Localización e identificación del edificio

Nombre del edificio:

Dirección:

Provincia/Ciudad autónoma:  Localidad:  Código Postal:

Referencia Catastral:

#### Datos del cliente

Nombre o razón social:

Dirección:

Provincia/Ciudad autónoma:  Localidad:  Código Postal:

Teléfono:

E-mail:

#### Datos del técnico certificador

Nombre y Apellidos:  NIF:

Razón social:  CIF:

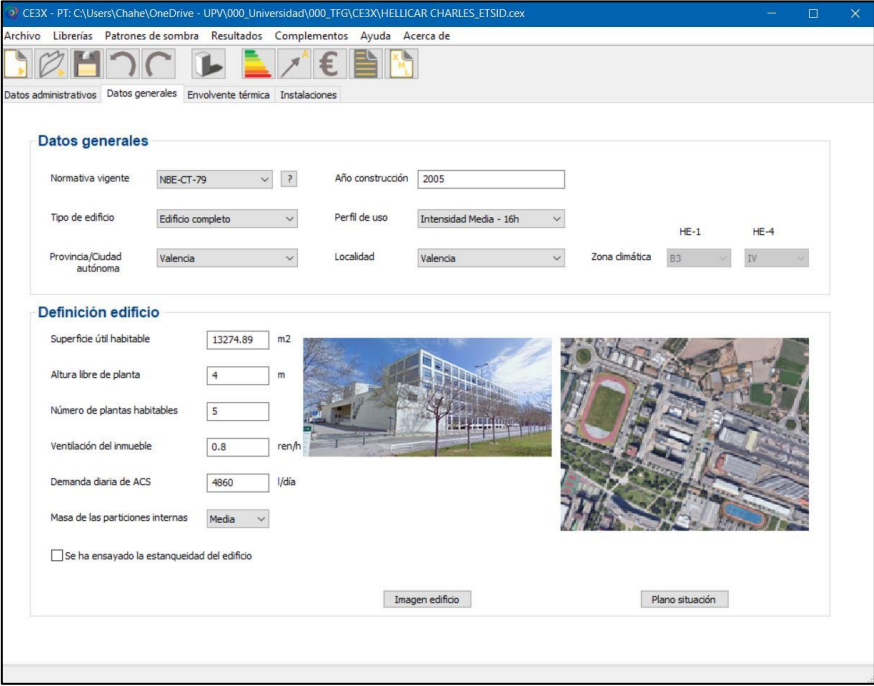
Dirección:

Provincia/Ciudad autónoma:  Localidad:  Código Postal:

Teléfono:  E-mail:

Titulación habilitante según normativa vigente:

Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Datos Administrativos.



CE3X - PT: C:\Users\Chahe\OneDrive - UPV\000\_Universidad\000\_TFG\CE3X\HELLICAR CHARLES\_ETSID.cex

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones

#### Datos generales

Normativa vigente:  Año construcción:

Tipo de edificio:  Perfil de uso:

Provincia/Ciudad autónoma:  Localidad:  Zona climática:

#### Definición edificio

Superficie útil habitable:  m<sup>2</sup>

Altura libre de planta:  m

Número de plantas habitables:

Ventilación del inmueble:  ren/h

Demanda diaria de ACS:  l/día

Masa de las particiones internas:

☐ Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Datos generales.

### 1.9.2. Envoltente térmica. Zonas.

Como se ha mencionado anteriormente, el edificio objeto del estudio está formado por 4 partes destacables; el bloque norte, el bloque sur, el hall de entrada y la pasarela intermedia. Es por esto que para ordenar mejor la introducción de datos se ha dividido el conjunto en 4 zonas, cada una correspondiendo a una de las partes descritas.

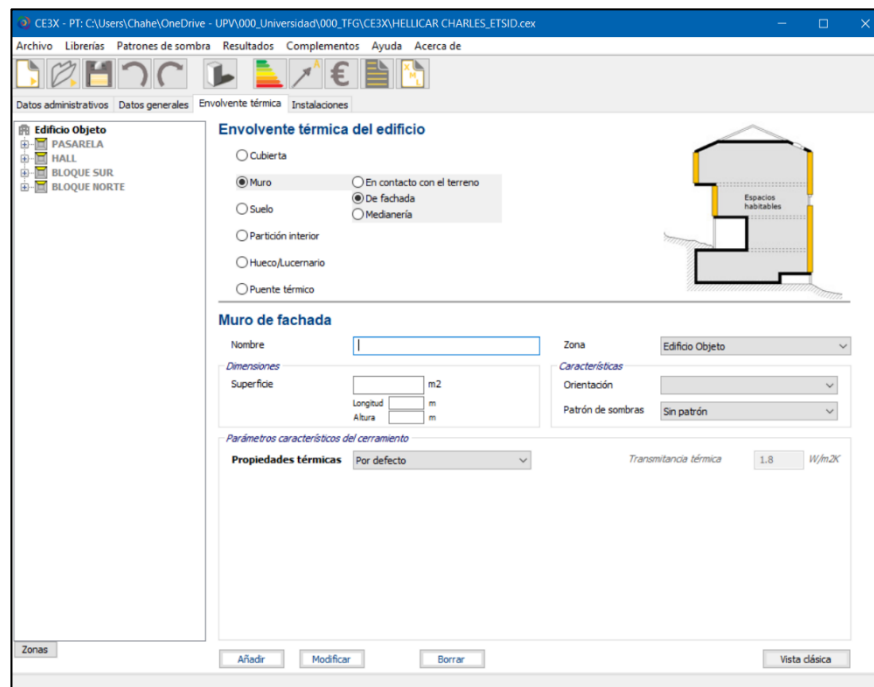


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Zonas de la envoltente térmica.

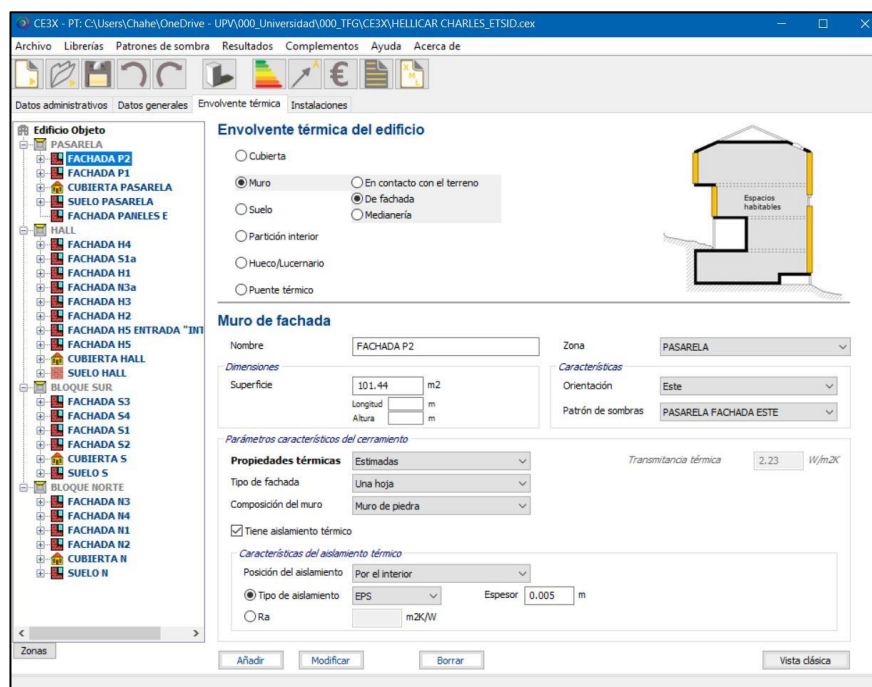


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Desarrollo de las zonas.

### 1.9.3. Envoltente térmica. Cubierta.

El siguiente paso es el de definir los elementos que componen la envoltente térmica del edificio; cubierta, suelos y muros de fachada. Es necesario además definir los puentes térmicos presentes ya que pueden llegar a influir mucho en cuanto a ganancias y pérdidas de calor. La tipología de cubierta se ha tomado por igual en las 4 zonas siendo la superficie el único dato que varía.

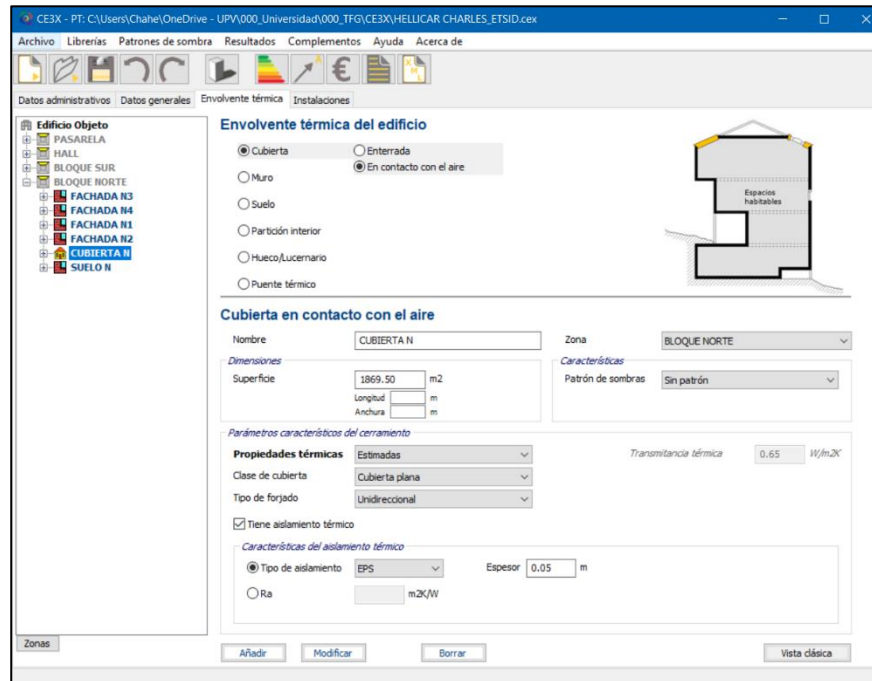


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición de la cubierta.

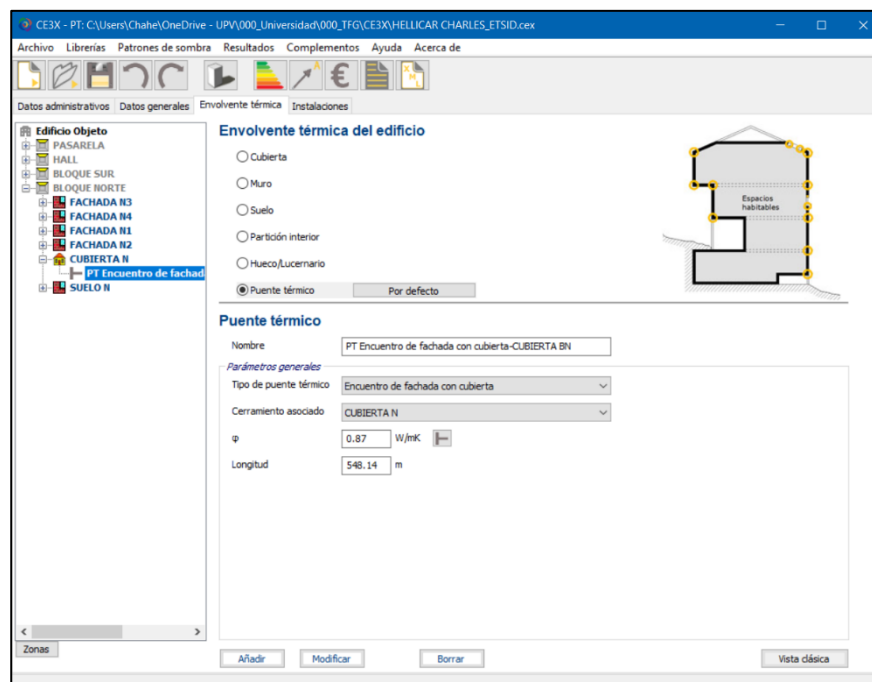


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición del puente térmico de la cubierta.

#### 1.9.4. Envoltente térmica. Suelos.

Se presenta la definición de este elemento tal como se ha hecho en el punto anterior incluyendo la presencia de puentes térmicos. La tipología de suelo se ha tomado por igual en las 4 zonas siendo la superficie el único dato que varía.

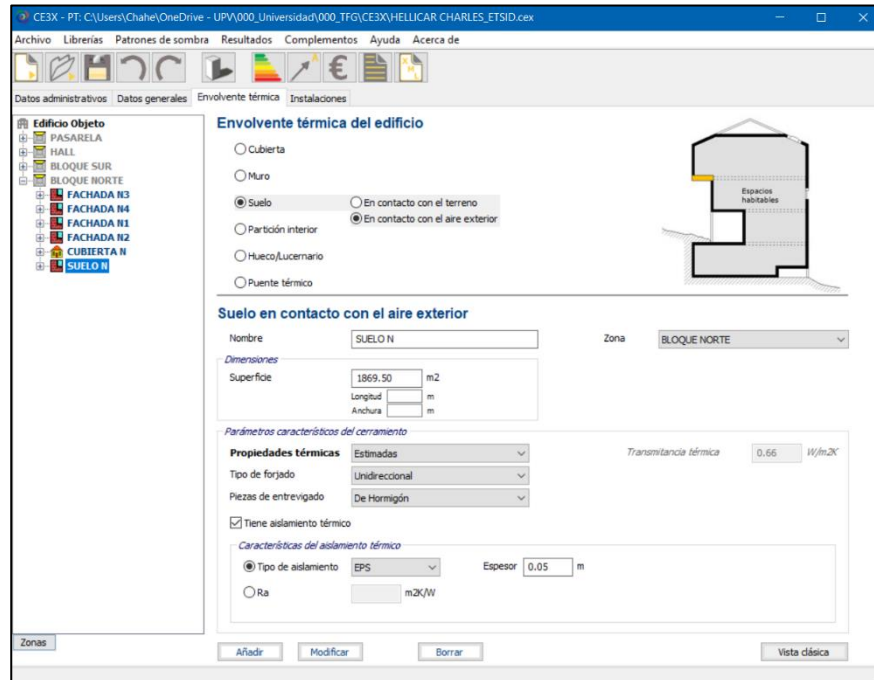


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Tipología de suelo.

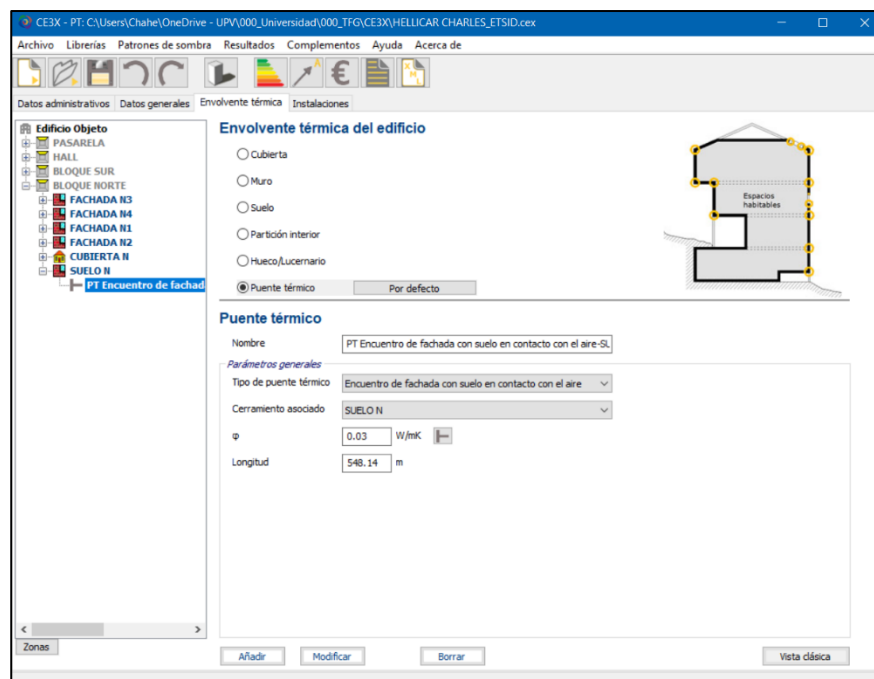


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición del puente térmico del suelo.



### 1.9.5. Envoltente térmica. Muros de fachada.

Para este punto se ha tenido que distinguir los diferentes muros de fachada presentes en el edificio y posteriormente estudiar la orientación de cada uno de ellos. Debido al número de muros analizados se incluye un esquema con la designación de cada uno. Igual que con los puntos anteriores, la tipología de muro de fachada es constante en todo el edificio a excepción de la pasarela, por tanto, en este punto los datos que varían son la superficie y orientación.

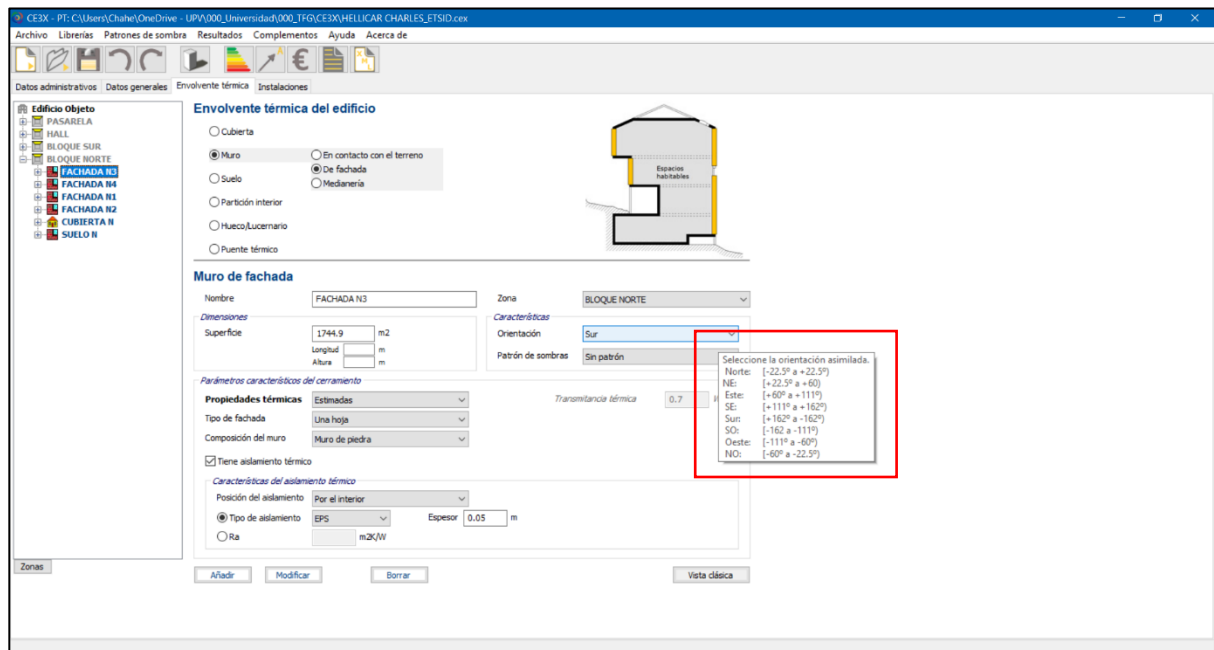


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Criterio orientación.

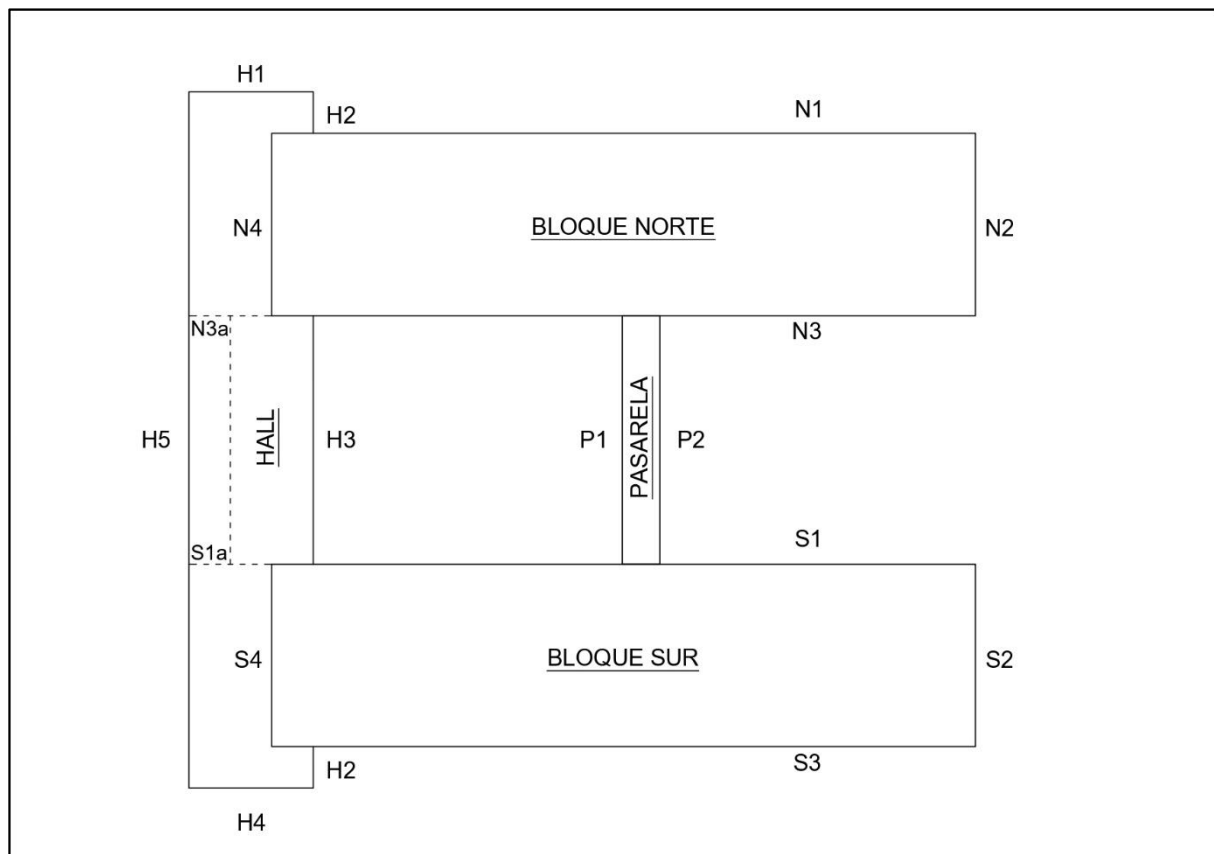


Imagen de elaboración propia. Designación de los muros de fachada.

Estrategias gráficas de mejora del desempeño energético en edificios existentes mediante la aplicación de protecciones solares.

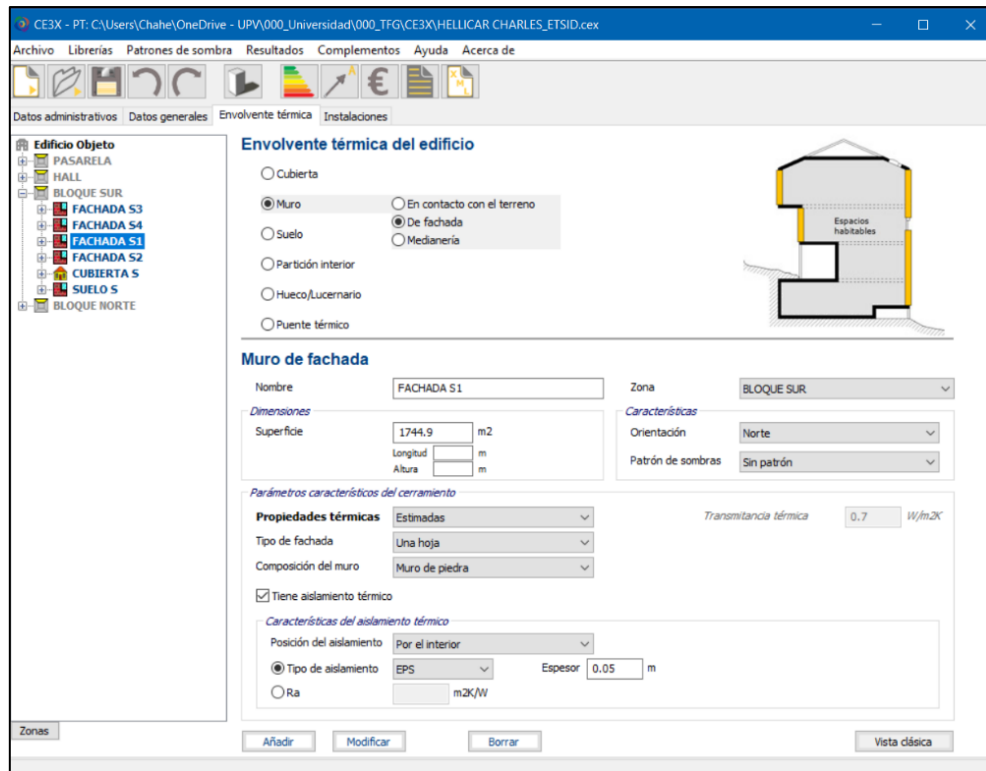


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición Fachada tipo.

Como se ha mencionado, uno de los muros de la pasarela no sigue la misma tipología que los demás y se expone a continuación.

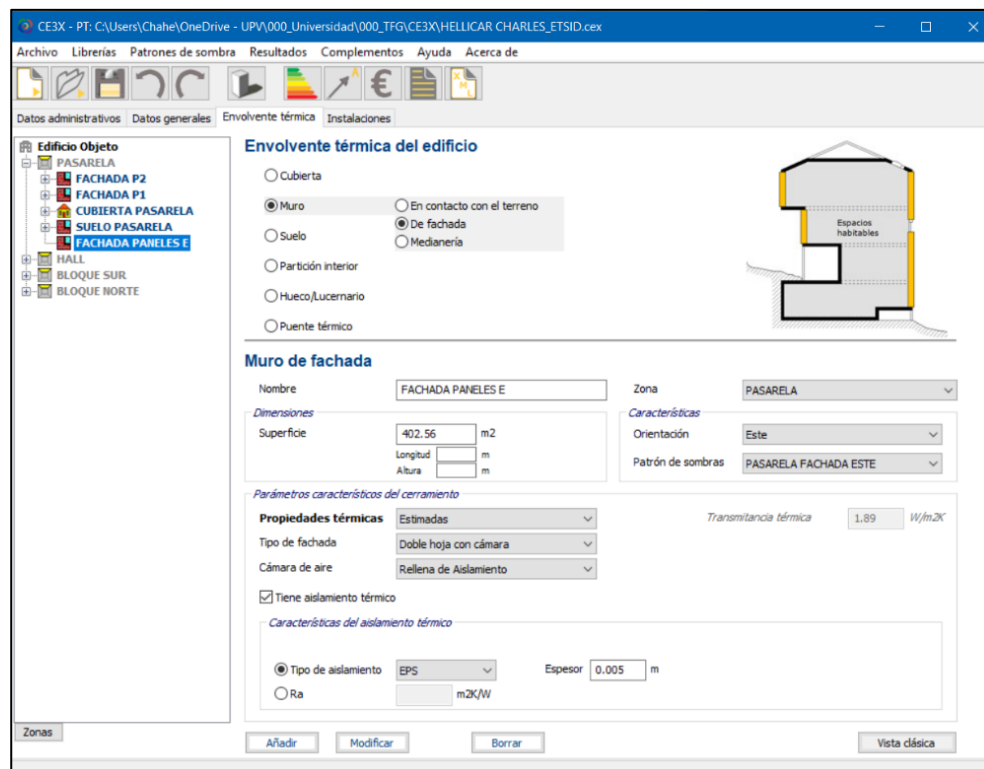


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición muro de fachada P2.

Estrategias gráficas de mejora del desempeño energético en edificios existentes mediante la aplicación de protecciones solares.

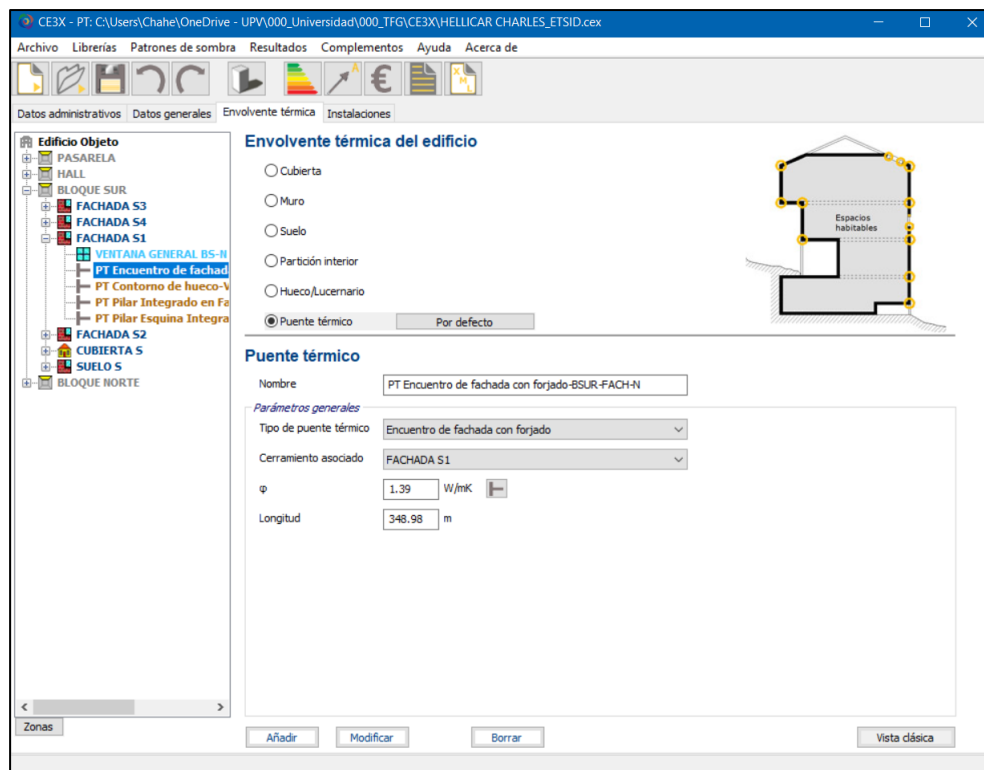


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición puente térmico 1.

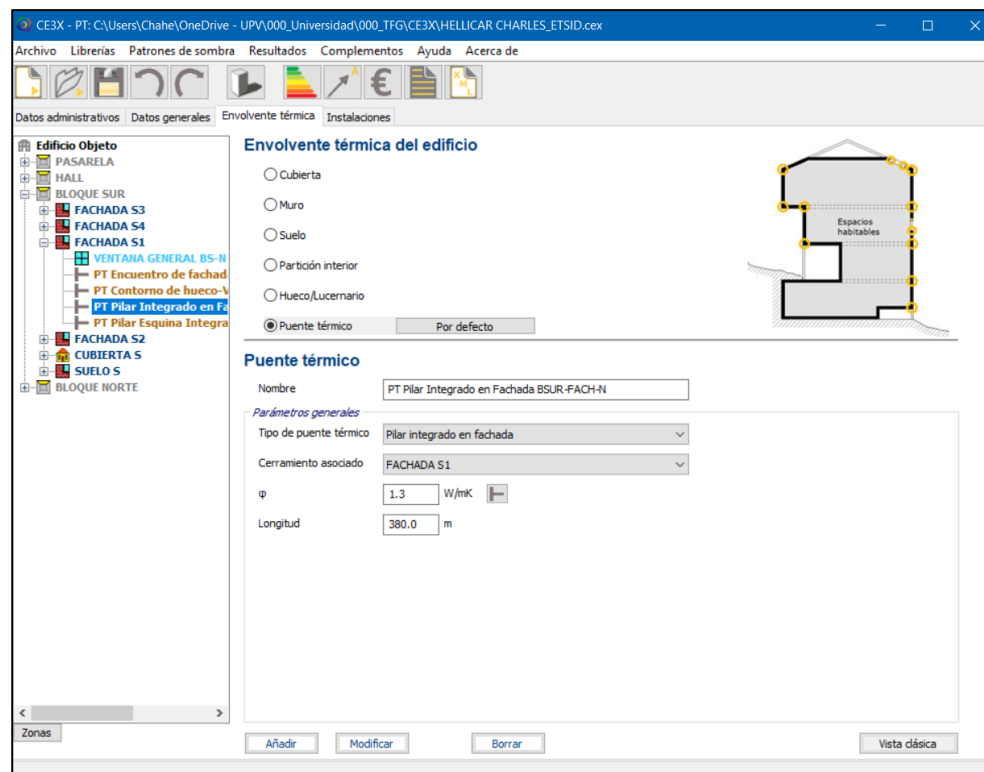


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición puente térmico 2.

Estrategias gráficas de mejora del desempeño energético en edificios existentes mediante la aplicación de protecciones solares.

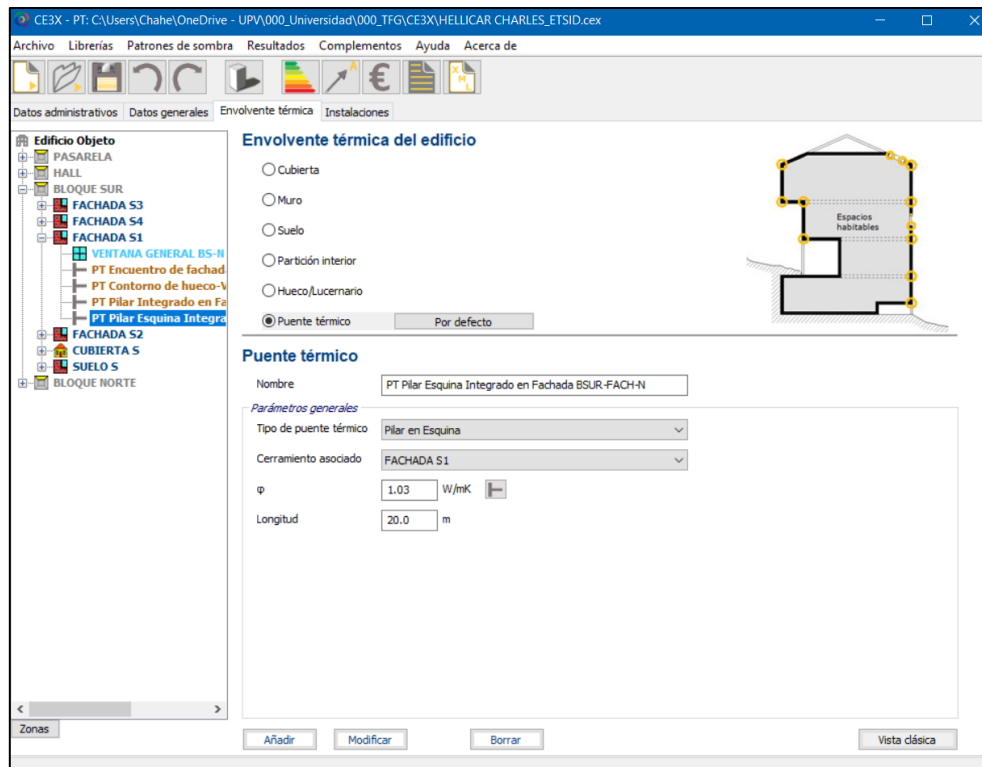


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición puente térmico 3.

### 1.9.6. Envoltente térmica. Huecos.

En cuanto a los huecos se ha detectado principalmente 3 tipologías que se repiten. La primera es de mayor abundancia, presente en casi todos los muros de fachada, mientras que los otros dos solo aparecen en los muros de fachada N2, N4, S2 y S4.

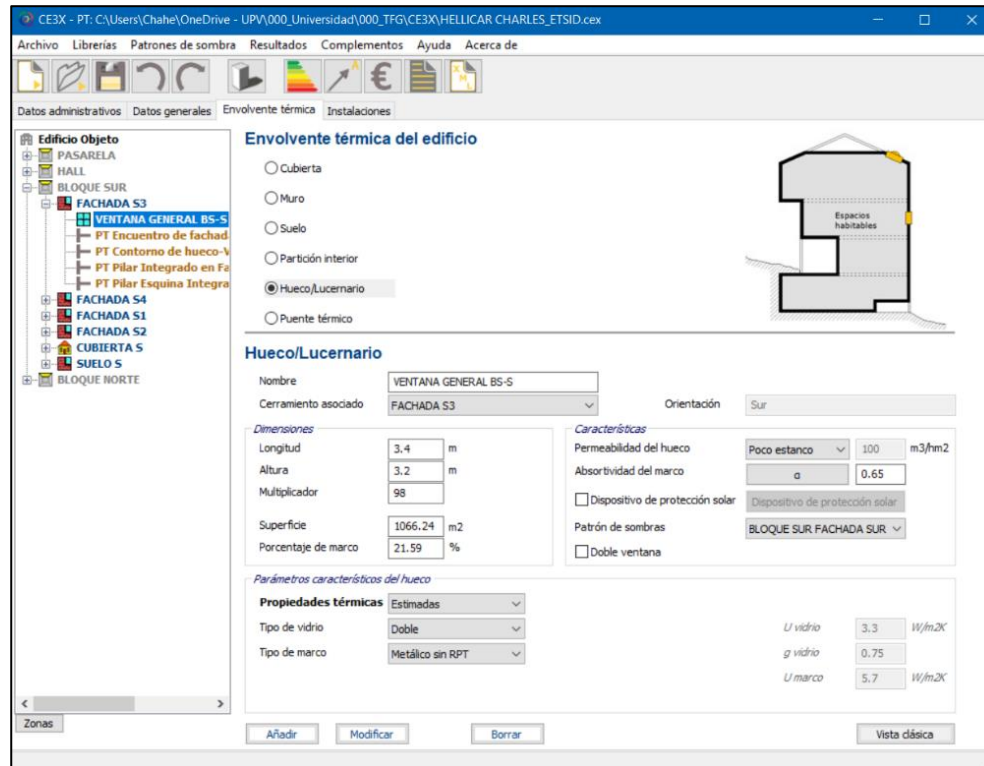


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Tipología de hueco general.

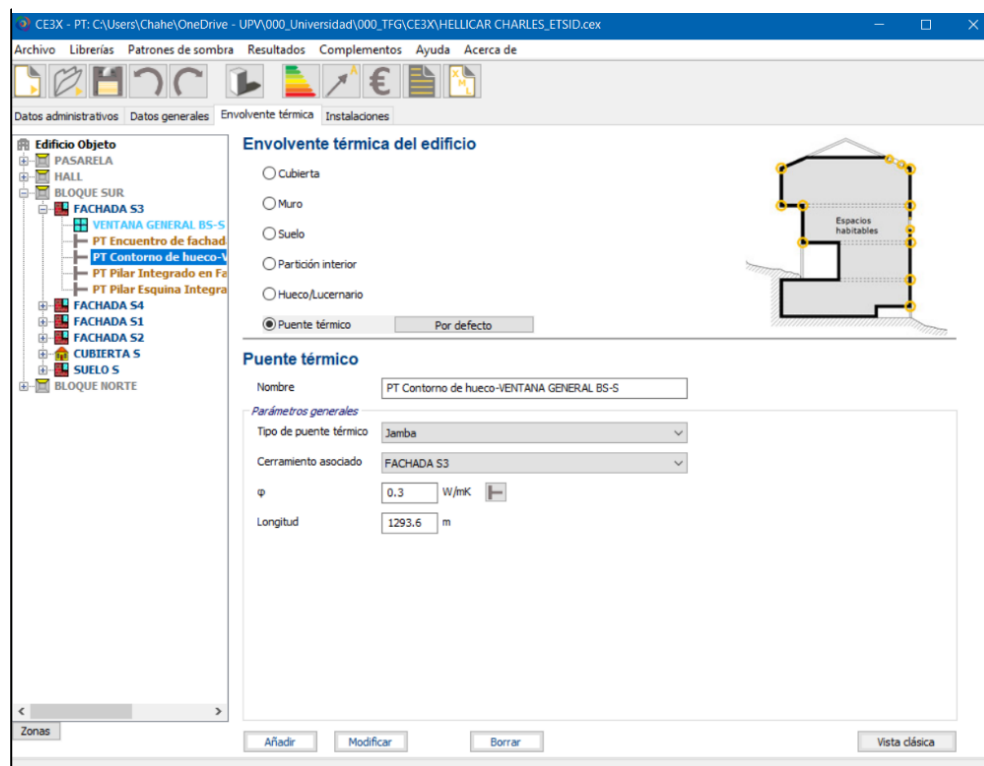


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición puente térmico hueco.

Estrategias gráficas de mejora del desempeño energético en edificios existentes mediante la aplicación de protecciones solares.

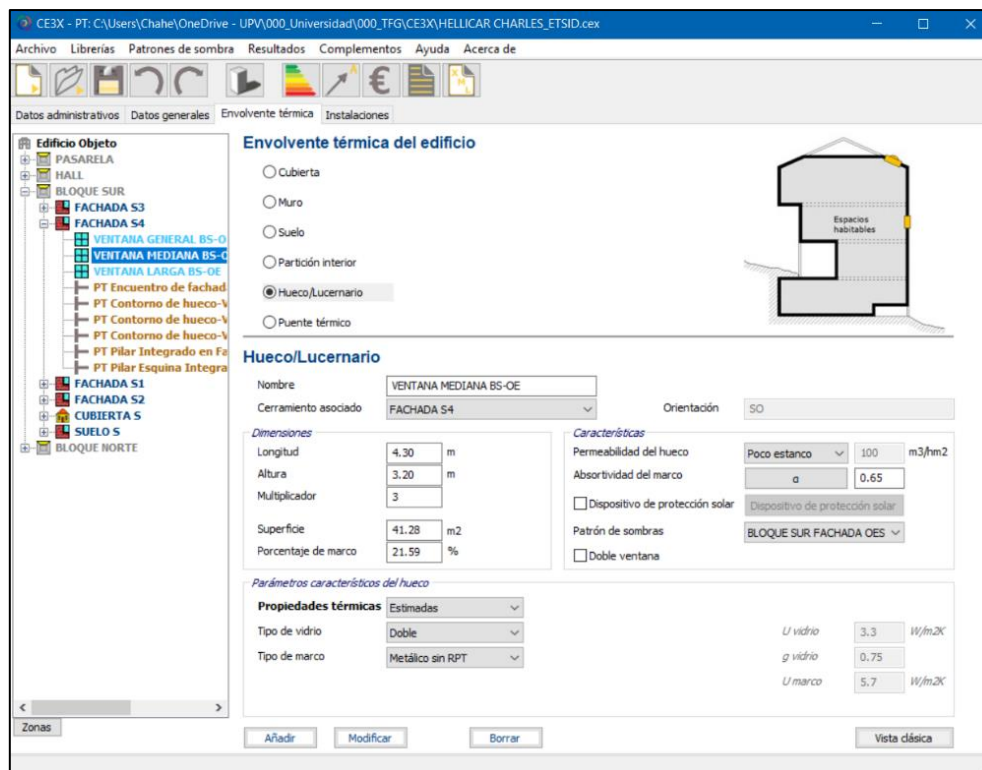


Imagen de elaboración propia. Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Tipología de hueco 2

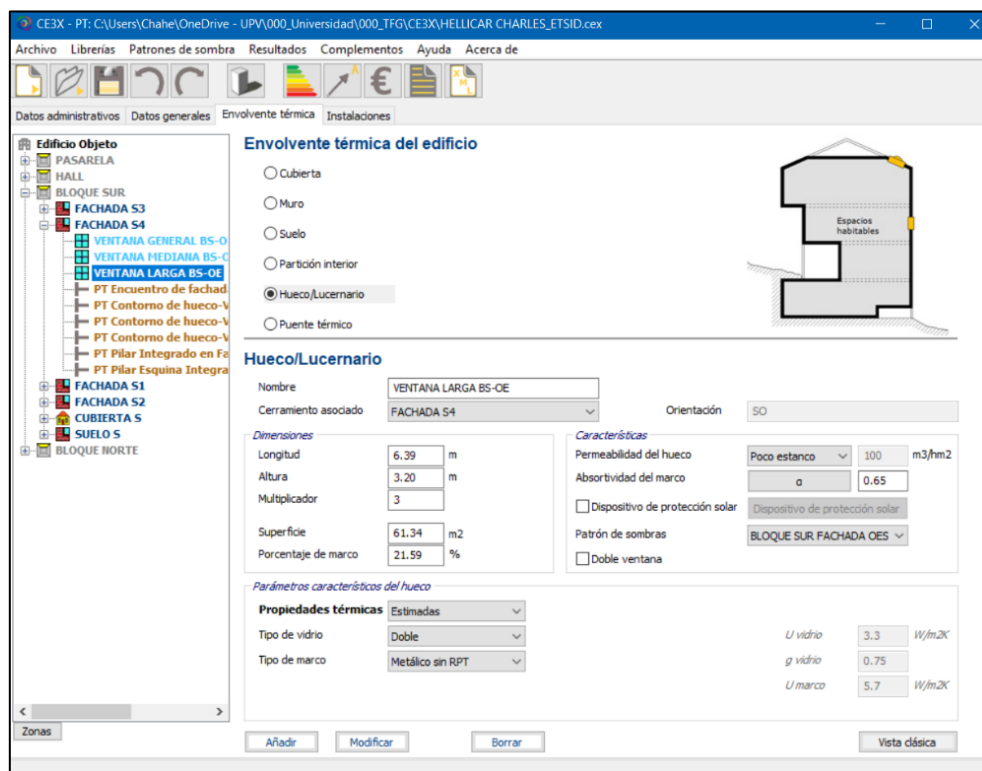


Imagen de elaboración propia. Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Tipología de hueco 3.

Estrategias gráficas de mejora del desempeño energético en edificios existentes mediante la aplicación de protecciones solares.

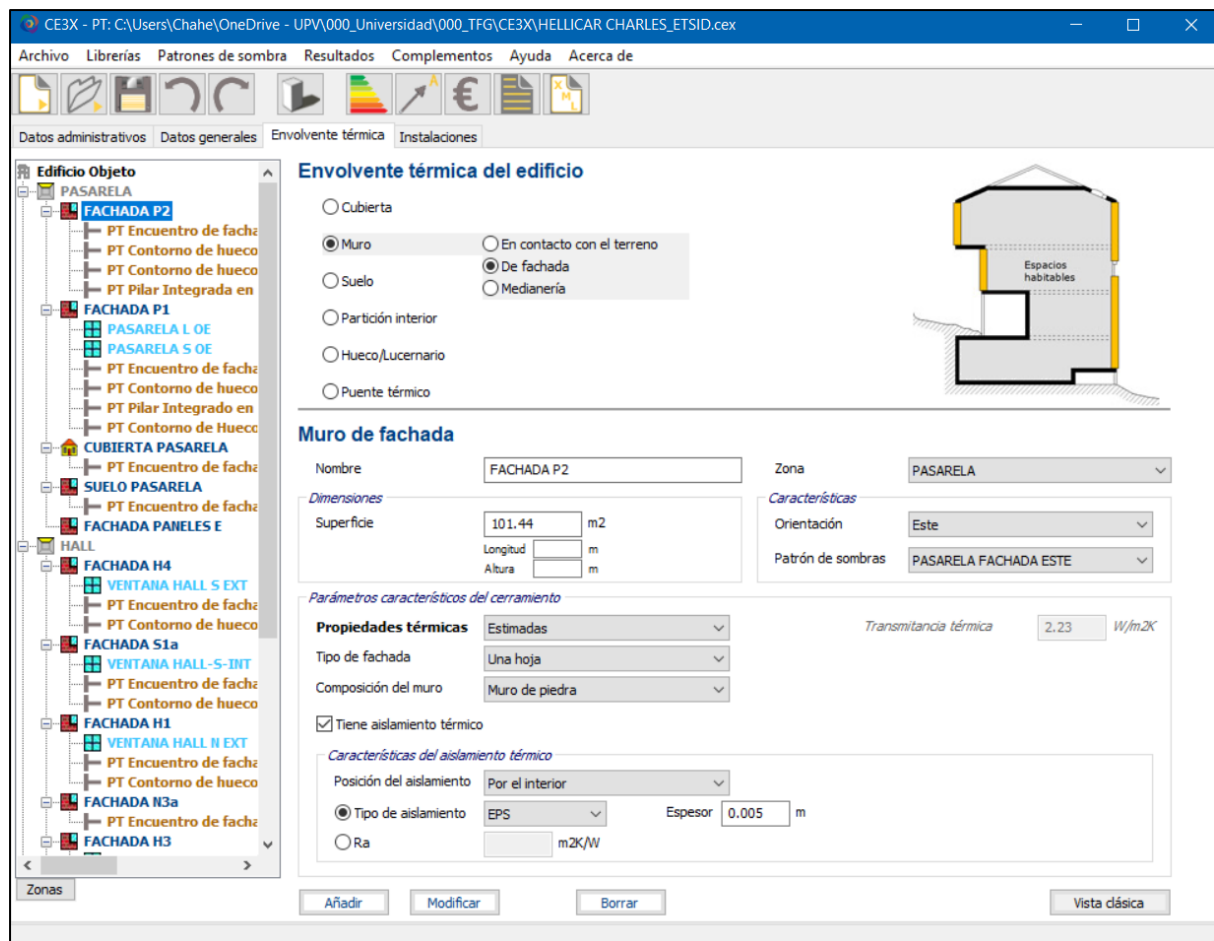


Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Desarrollo de los componentes de la envoltente térmica.

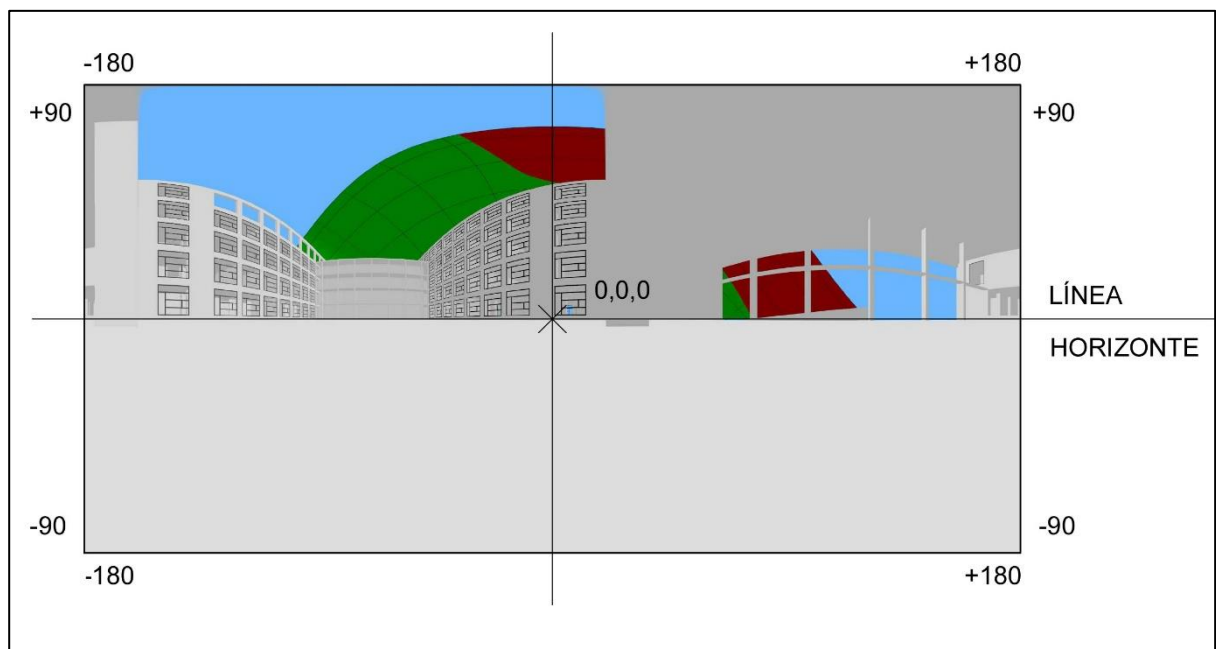
### 1.9.7. Envoltente térmica. Máscara de Sombras.

El último dato que hace falta introducir en cuanto a la envolvente térmica del edificio corresponde a las sombras que se arrojan sobre sus muros de fachada y por tanto los huecos. En este punto se va a explicar cómo se ha obtenido las máscaras de sombras a partir de las 17 panorámicas que se han obtenido previamente. A efectos de este trabajo, solo se analiza las máscaras de sombras que genera el propio edificio sobre sí mismo sin contar con las obstrucciones que puede encontrarse en su entorno.

La máscara de sombras es esencialmente una imagen en la que se puede observar los obstáculos presentes entre el punto de referencia y las trayectorias solares. Estos obstáculos generan una obstrucción que impiden el paso de la radiación solar y por tanto arrojan sombras. Es necesario obtener una máscara de sombras para cada uno de los 17 puntos estudiados cuando se ha generado las panorámicas, ya que cada fachada presenta una máscara única.

El procedimiento a seguir para obtener las máscaras de sombras a partir de las panorámicas es el siguiente:

1. Una vez obtenida la imagen panorámica de una de las fachadas, esta se importa en un espacio de trabajo de AutoCAD donde se escala de tal forma que su anchura mida 360 unidades y su altura 180 unidades. El centro de la imagen se coloca en el eje de coordenadas 0,0,0 de tal modo que la línea del horizonte se encuentra en este punto. De esta forma se crea un sistema de coordenadas con un rango 0 a +90 para el eje vertical, y un rango de -180 a +180 para el eje horizontal. No existe un valor negativo para el eje vertical ya que estaría situado por debajo de la línea del horizonte.



*Imagen de elaboración propia. Elaboración de la máscara de sombras. Sistema de coordenadas.*



2. Se considera una obstrucción todo aquello que tapa una parte del cielo y para representarlas es necesario dividir la obstrucción en polígonos de 4 vértices. Para explicar esto gráficamente, en la imagen adjunta se ha remarcado parte de la obstrucción y se ha dividido en 4 polígonos; S1, S2, S3 y S4. Las coordenadas de cada vértice de cada polígono definen el azimut y la altura sobre el horizonte de ese segmento de obstrucción.

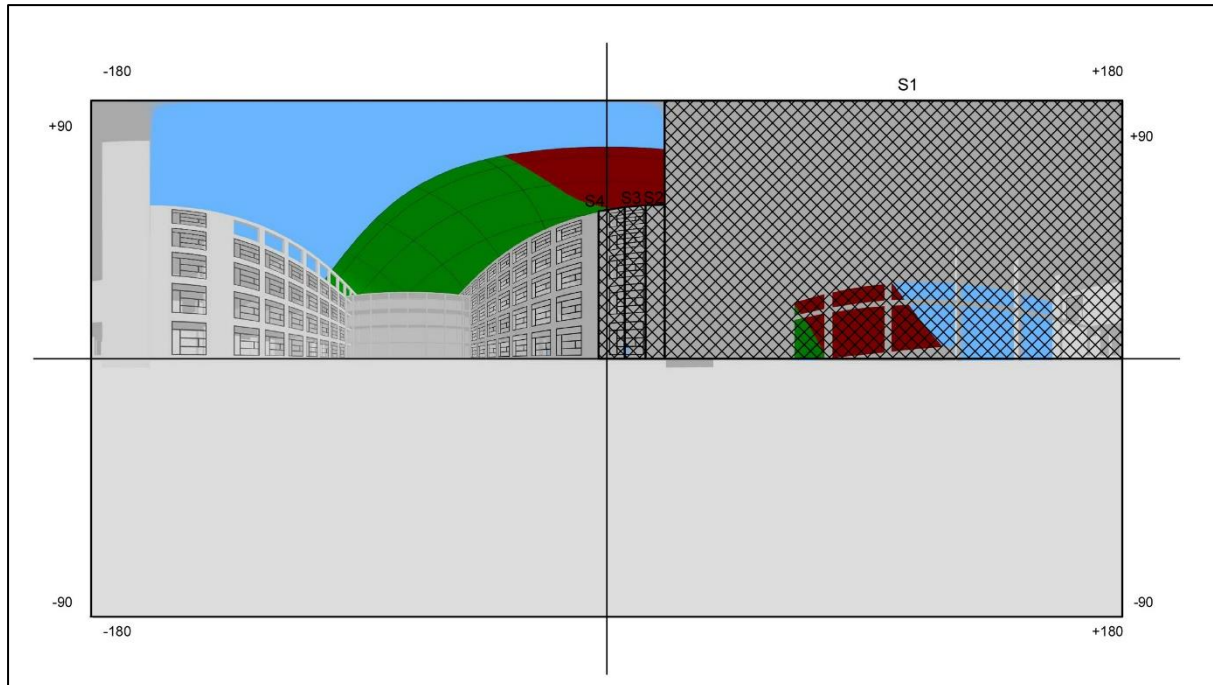


Imagen de elaboración propia. Elaboración de la máscara de sombras. Poligonización de las obstrucciones.

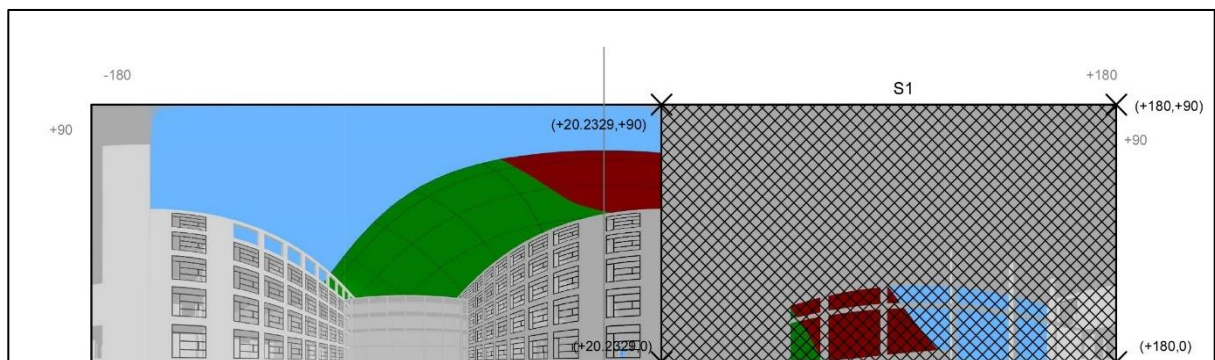


Imagen de elaboración propia. Elaboración de la máscara de sombra. Coordenadas segmento 1.

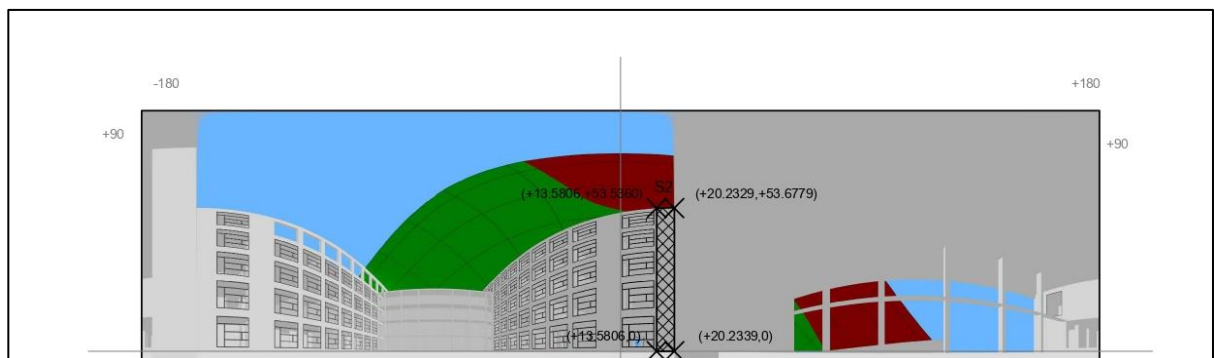


Imagen de elaboración propia. Elaboración de la máscara de sombra. Coordenadas segmento 2.

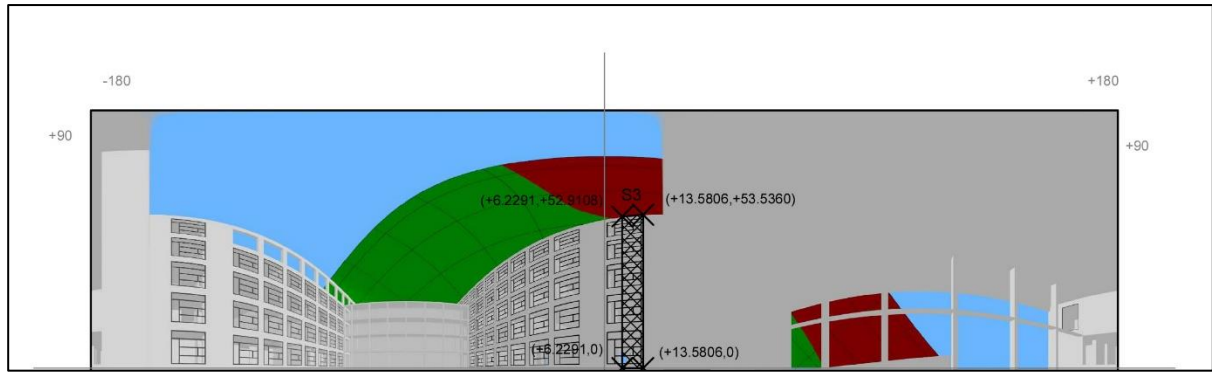


Imagen de elaboración propia. Elaboración de la máscara de sombra. Coordenadas segmento 3.

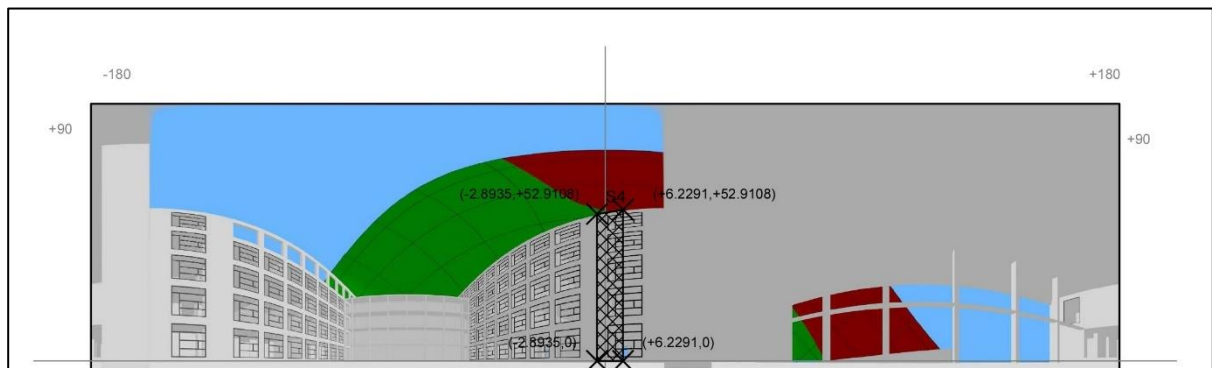


Imagen de elaboración propia. Elaboración de la máscara de sombra. Coordenadas segmento 4.

3. Se continua con este procedimiento de poligonización y se lleva a cabo en toda aquella obstrucción que visualmente oculta las trayectorias solares. Sin embargo, para demostrar la forma de una máscara de sombras con mayor claridad, se ha realizado para toda aquella obstrucción que oculta el cielo.

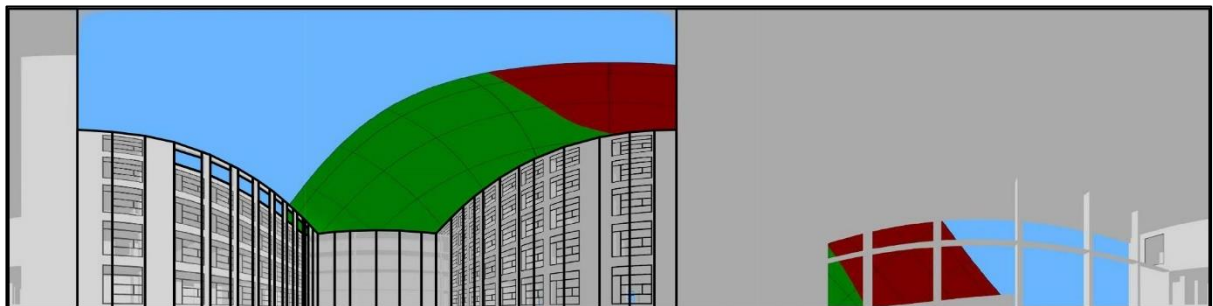


Imagen de elaboración propia. Elaboración de la máscara de sombra. Poligonización completa.

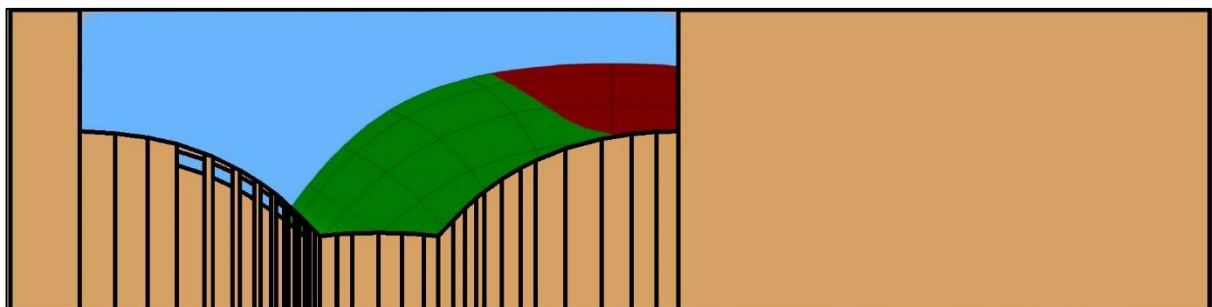


Imagen de elaboración propia. Elaboración de la máscara de sombra. Representación de las obstrucciones.

4. Se introduce las coordenadas de los vértices de cada polígono en el programa CE3X en el apartado de patrones de sombra para generar una máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica.

Se adjunta a continuación capturas de cada una de las máscaras de sombras generadas donde aparece la interfaz para la introducción de los datos. En el lado izquierdo de la parte inferior se observa las casillas donde se ha de introducir las coordenadas de cada uno de los cuatro vértices de cada polígono, mientras que en el lado derecho se observa los puntos ya introducidos.

## - BLOQUE NORTE

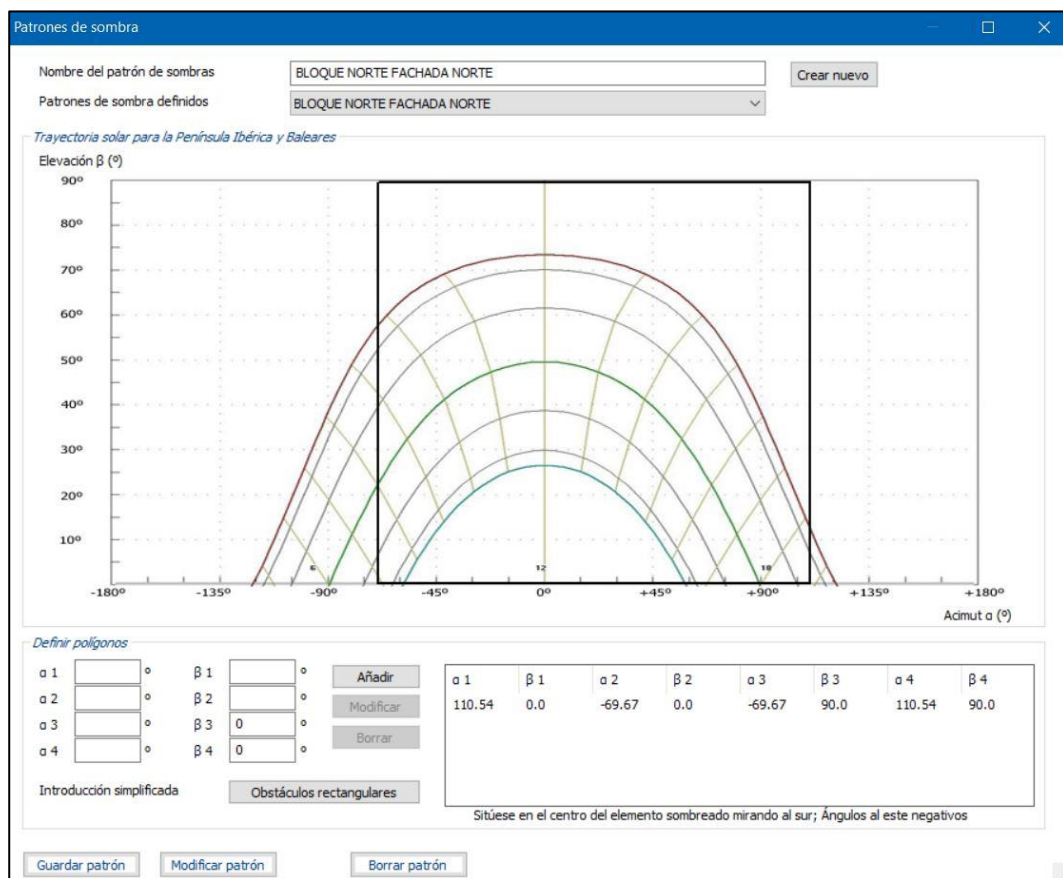


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 11.

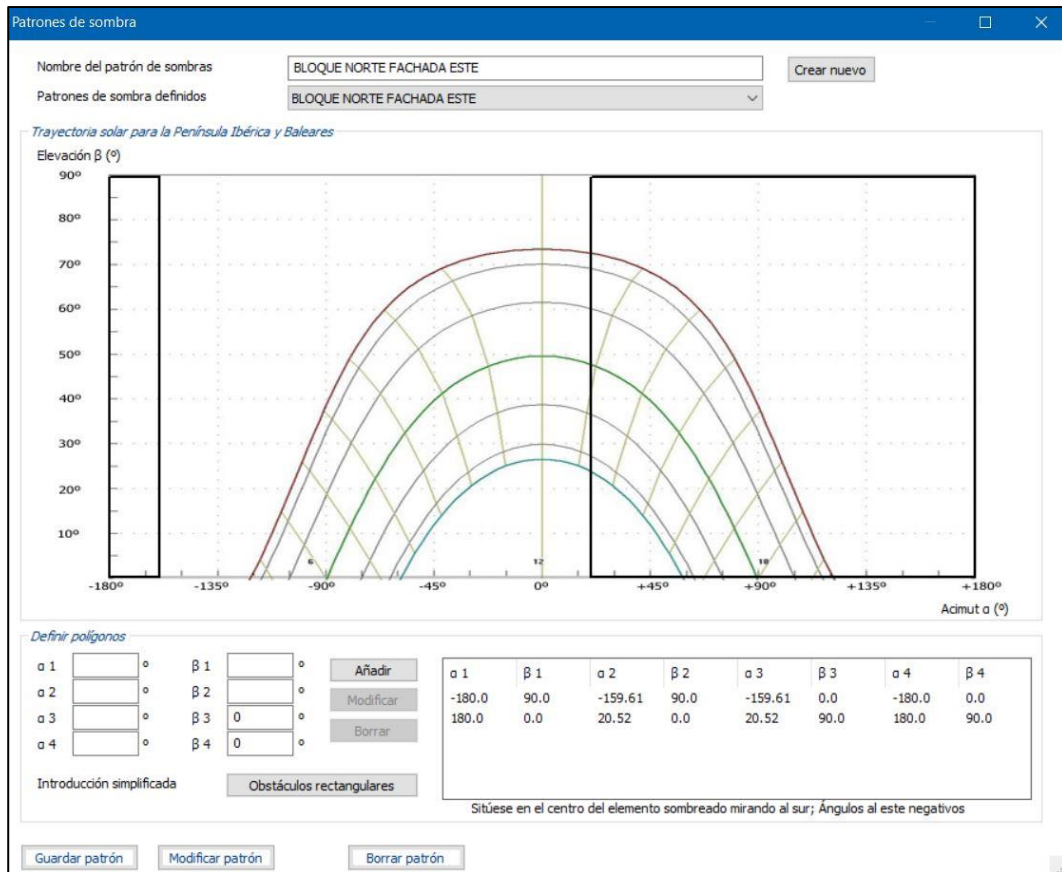


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 12.

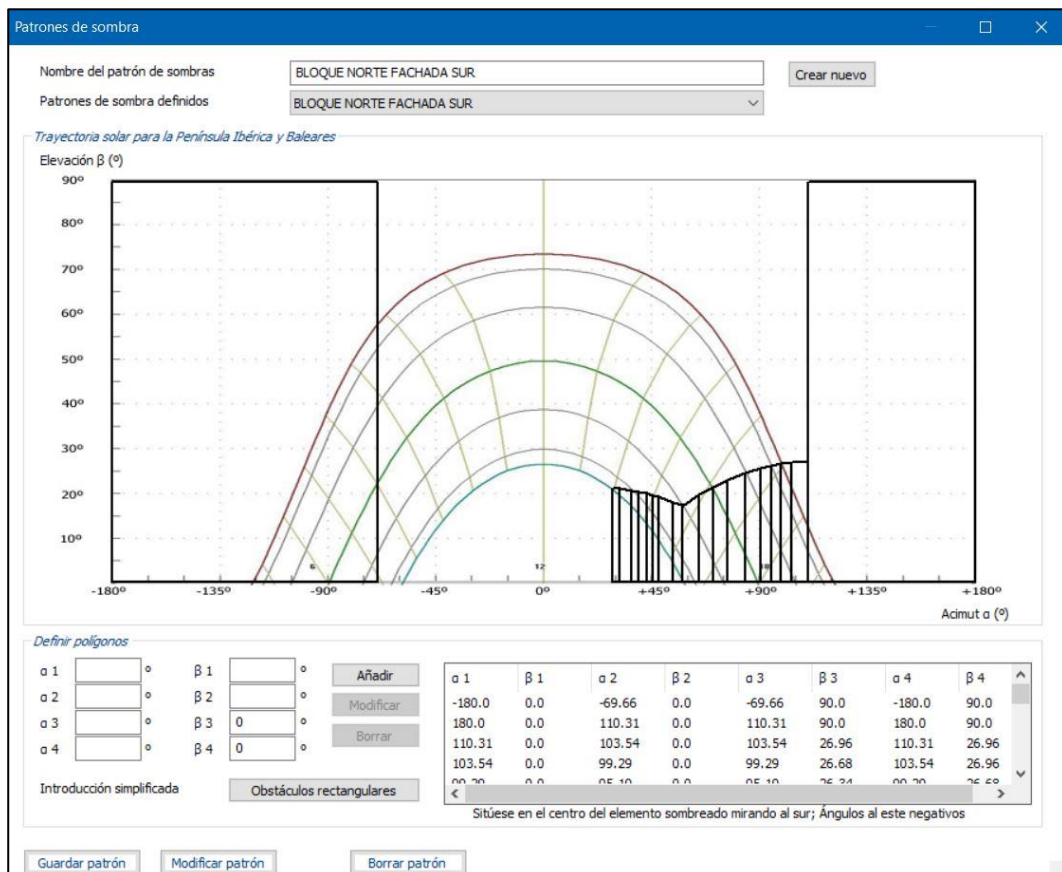


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 13.

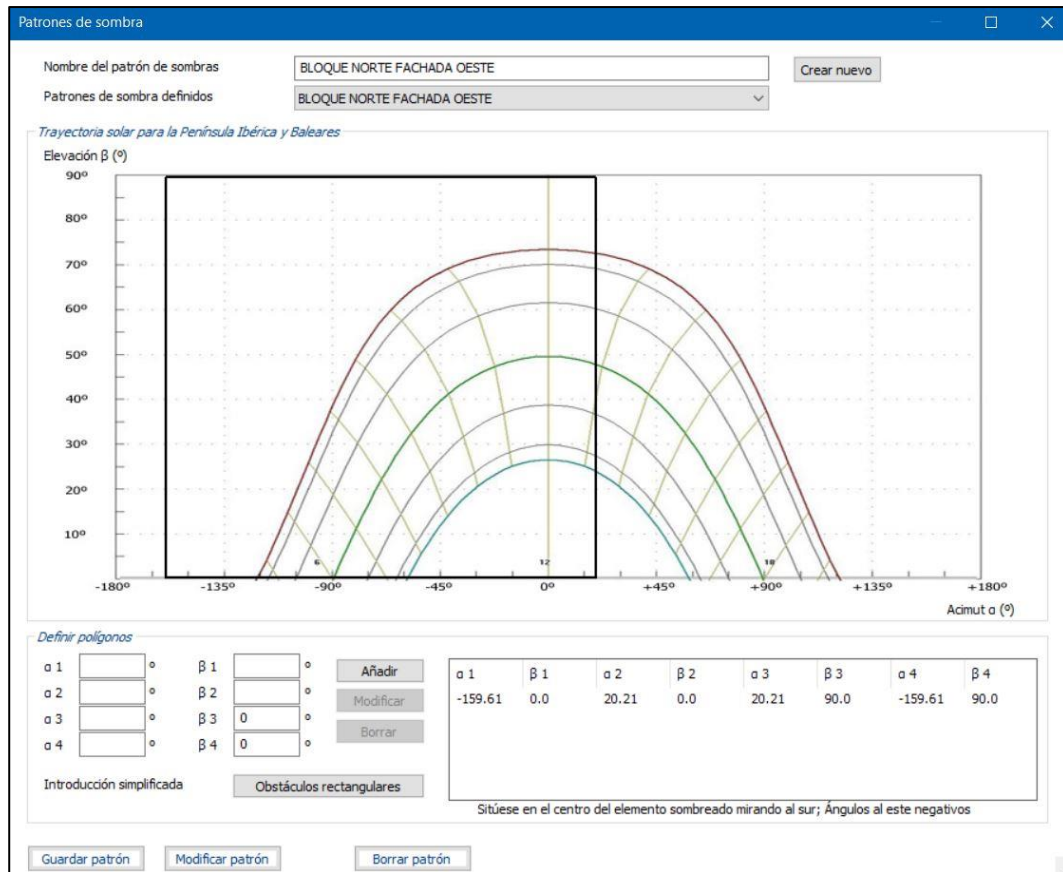


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 10.



## - BLOQUE SUR

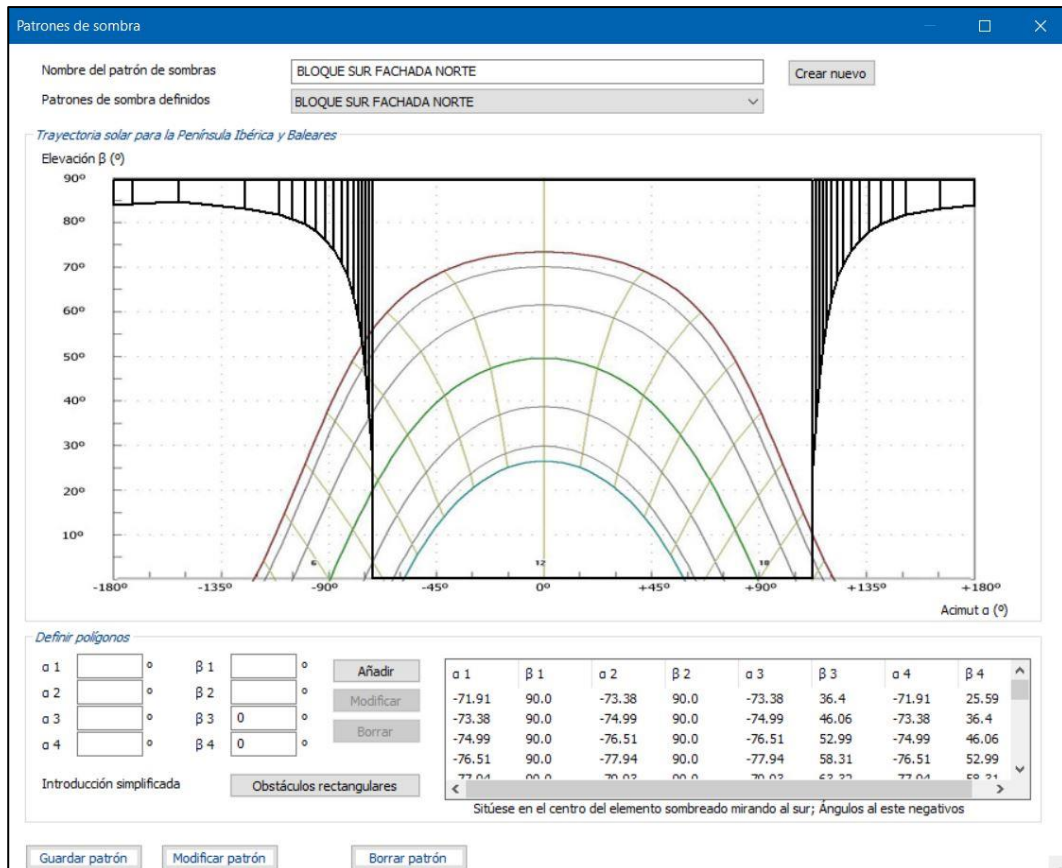


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 16.

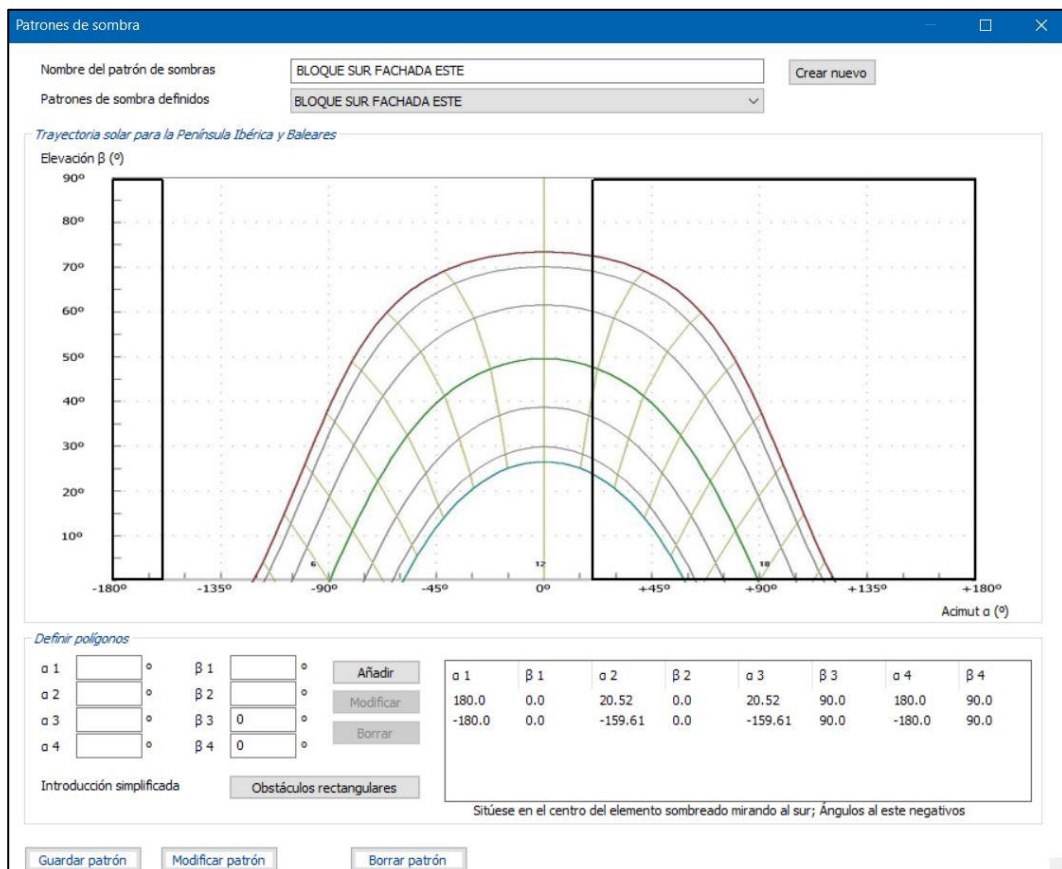


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 17.



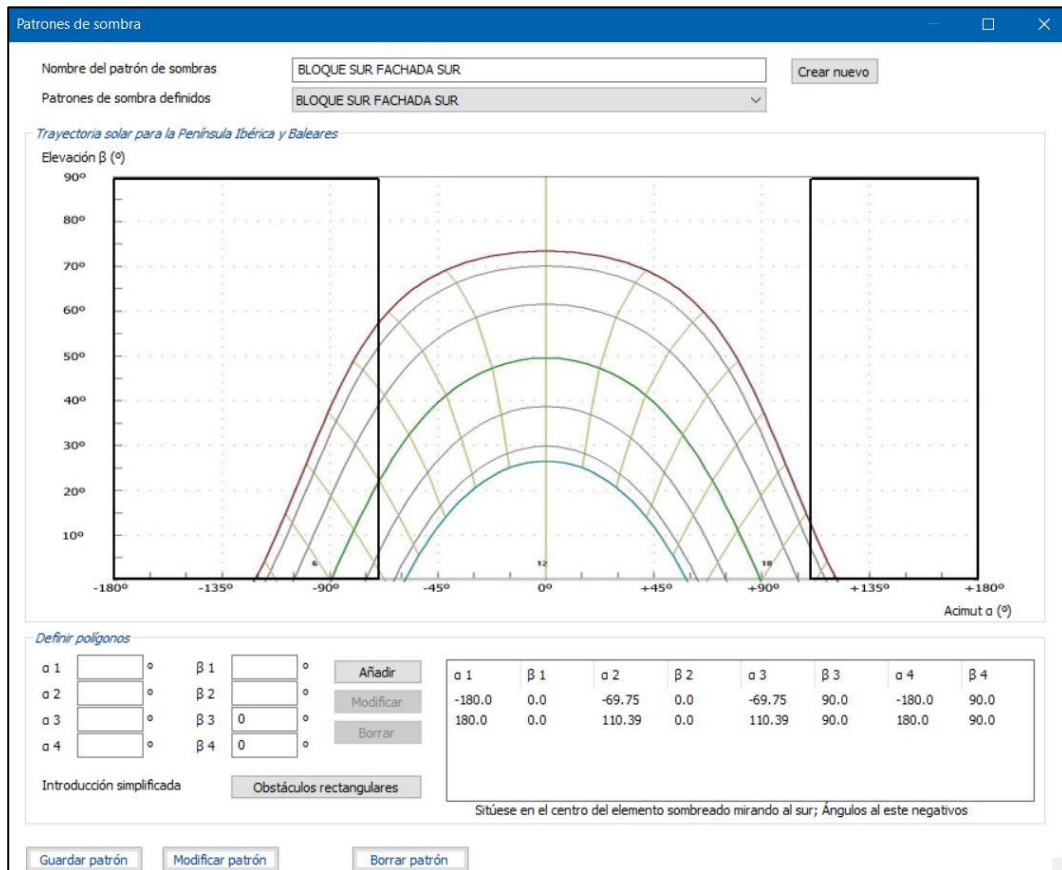


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 7.

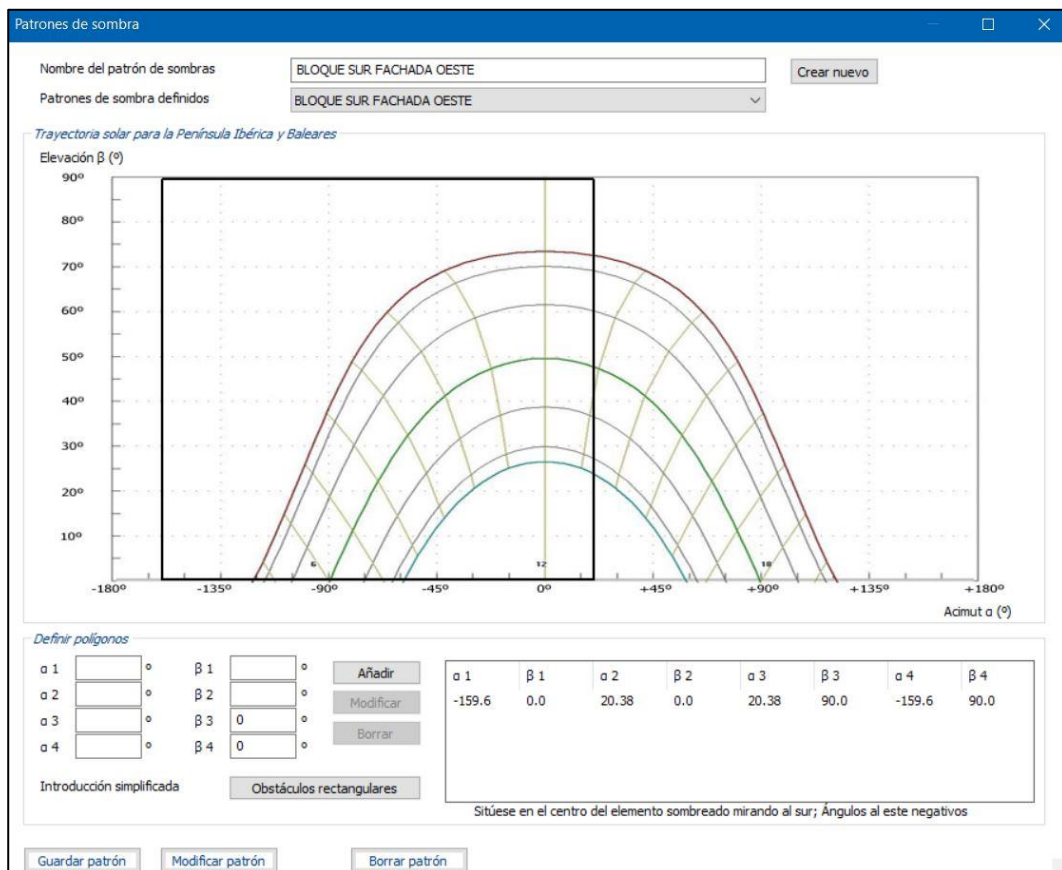


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 8.

- PASARELA

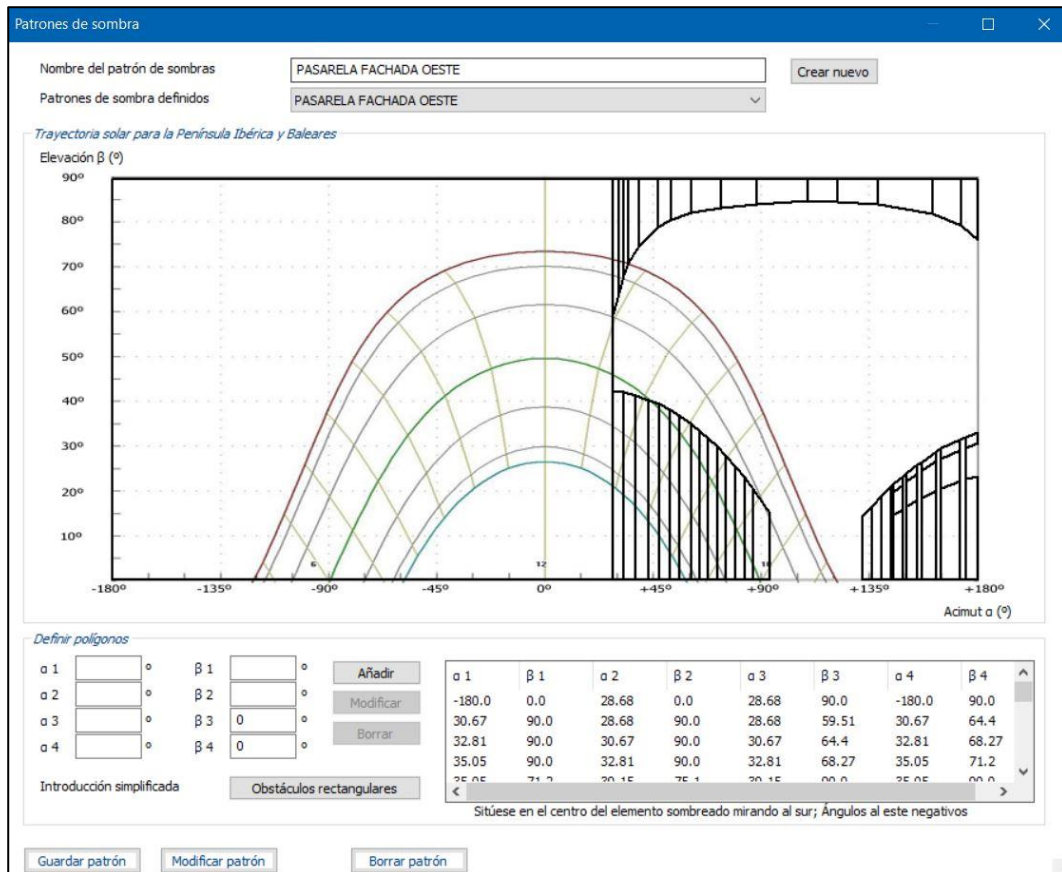


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 15

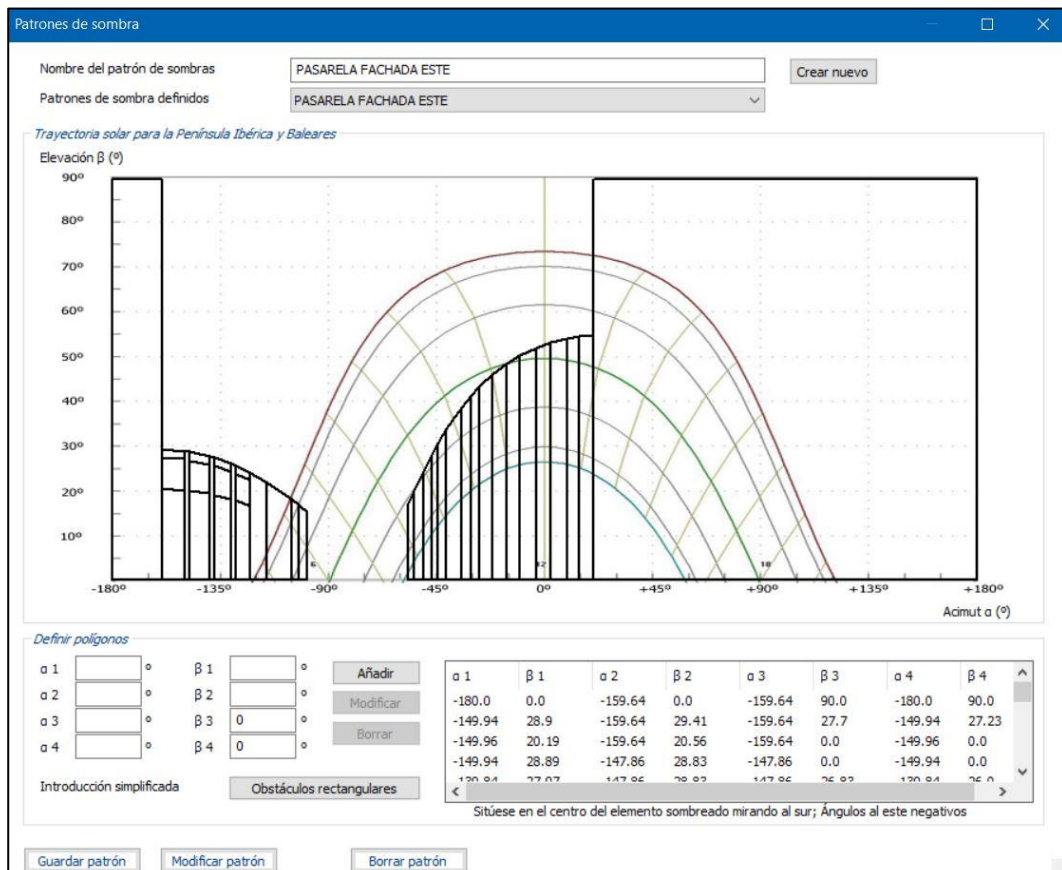


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 16.

- **HALL**

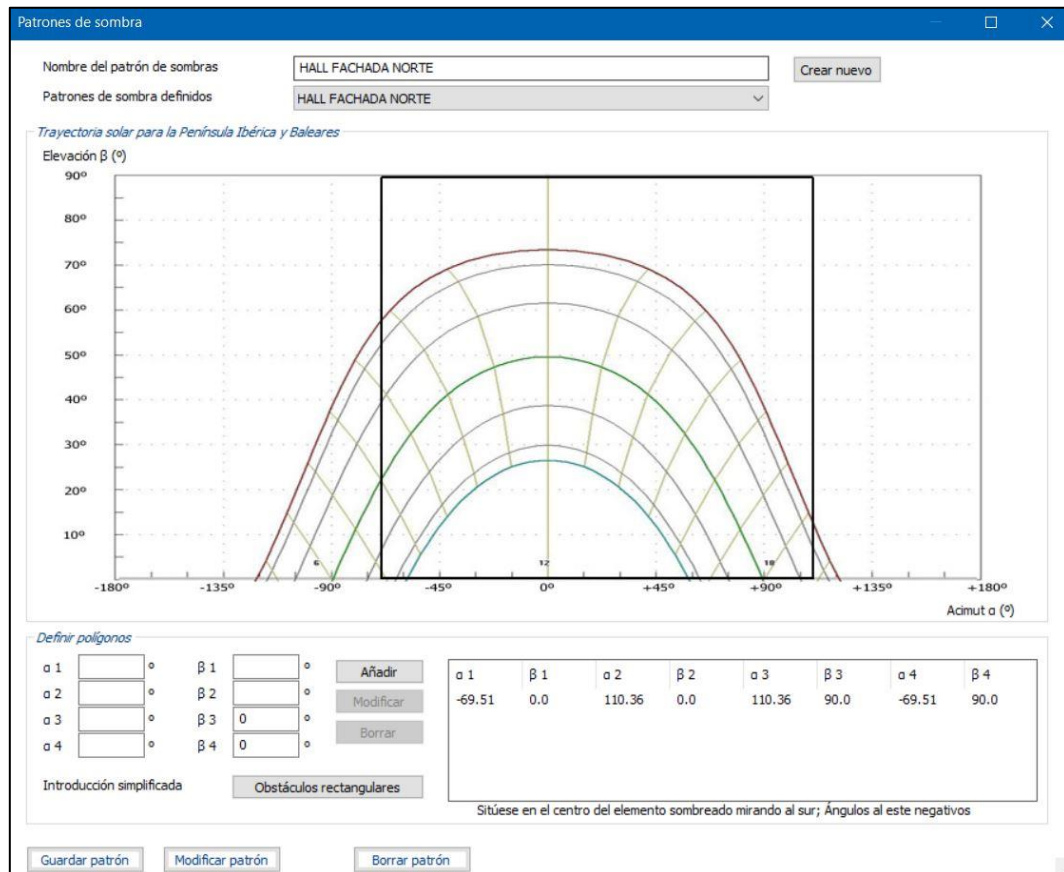


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 6.

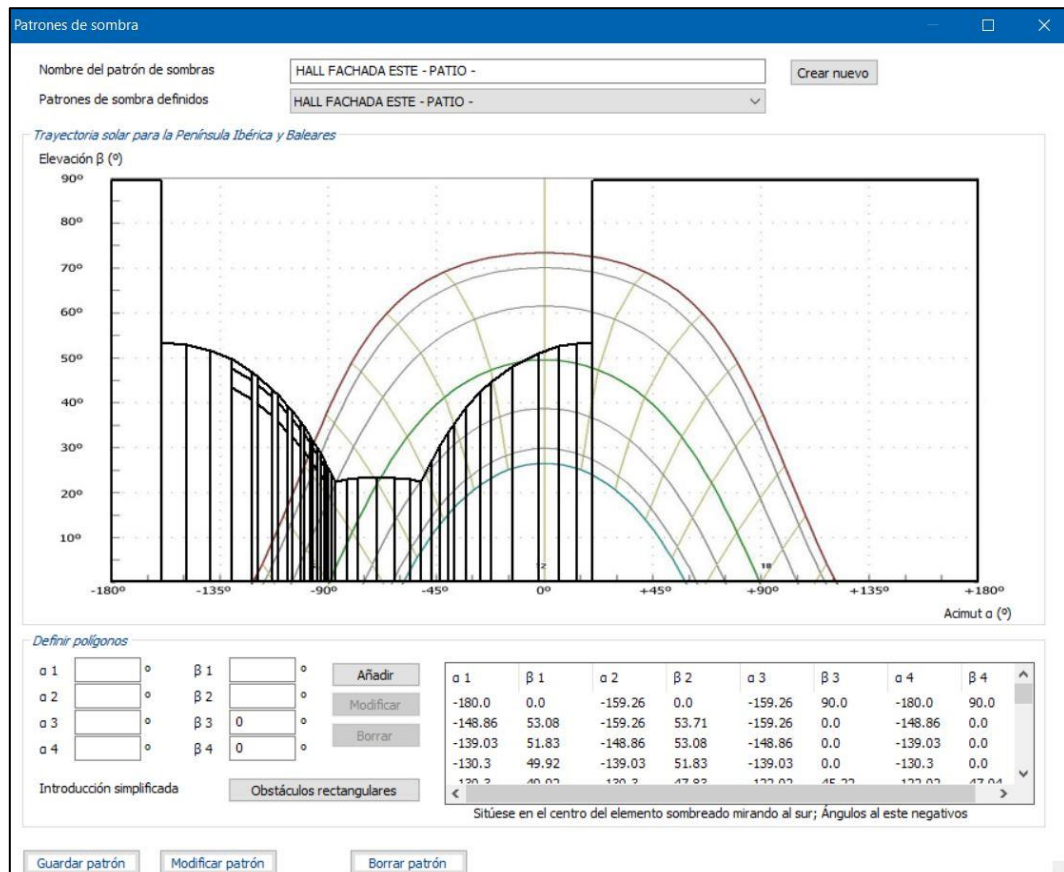


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 1.



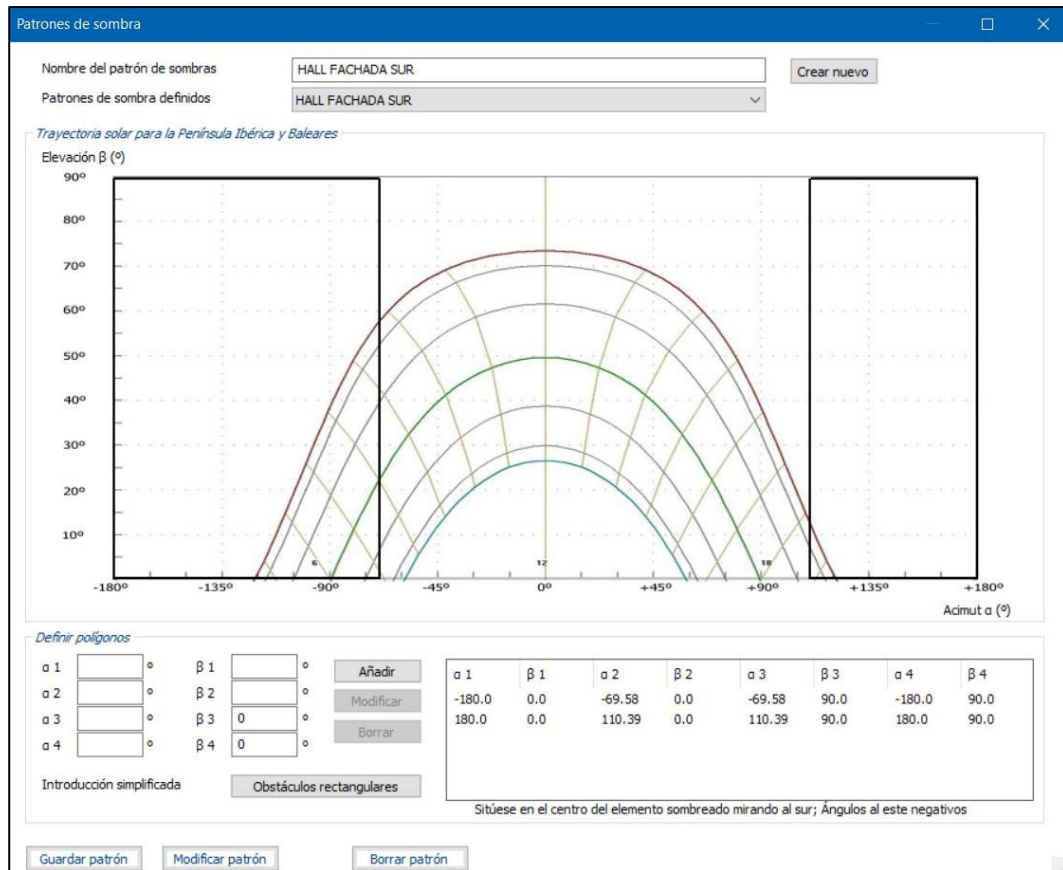


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 4.

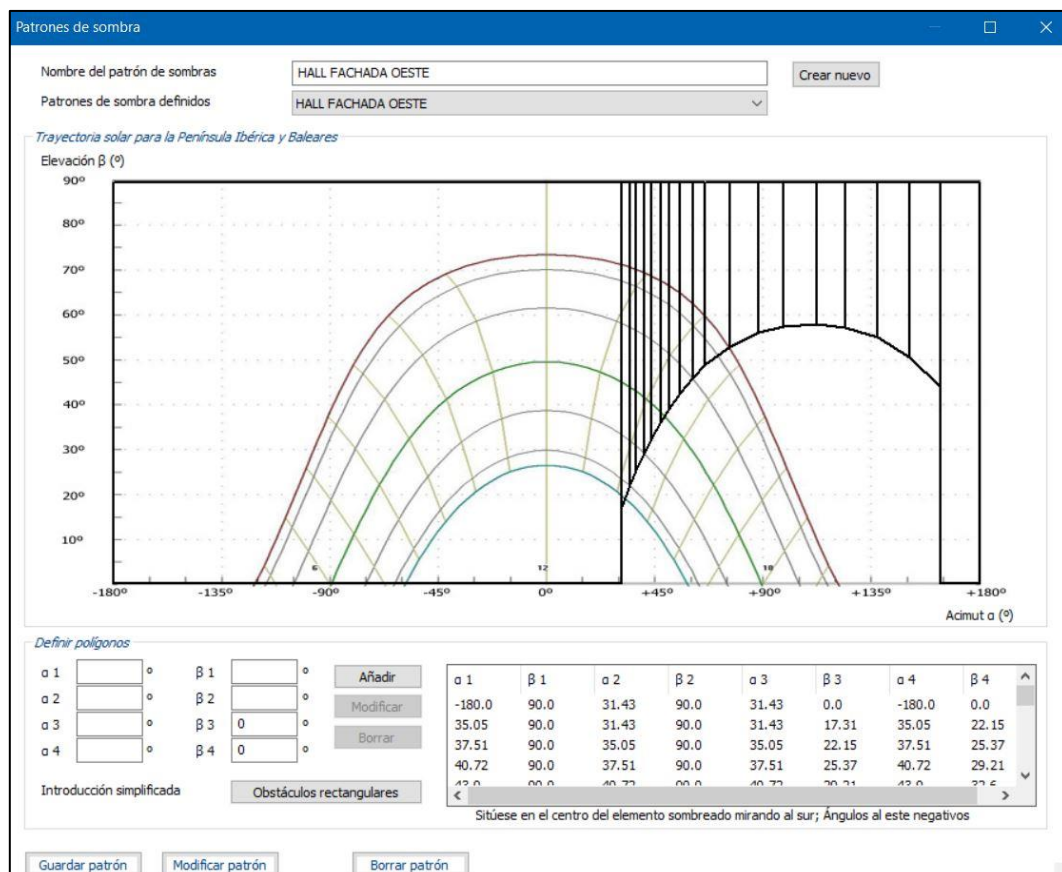


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 2.

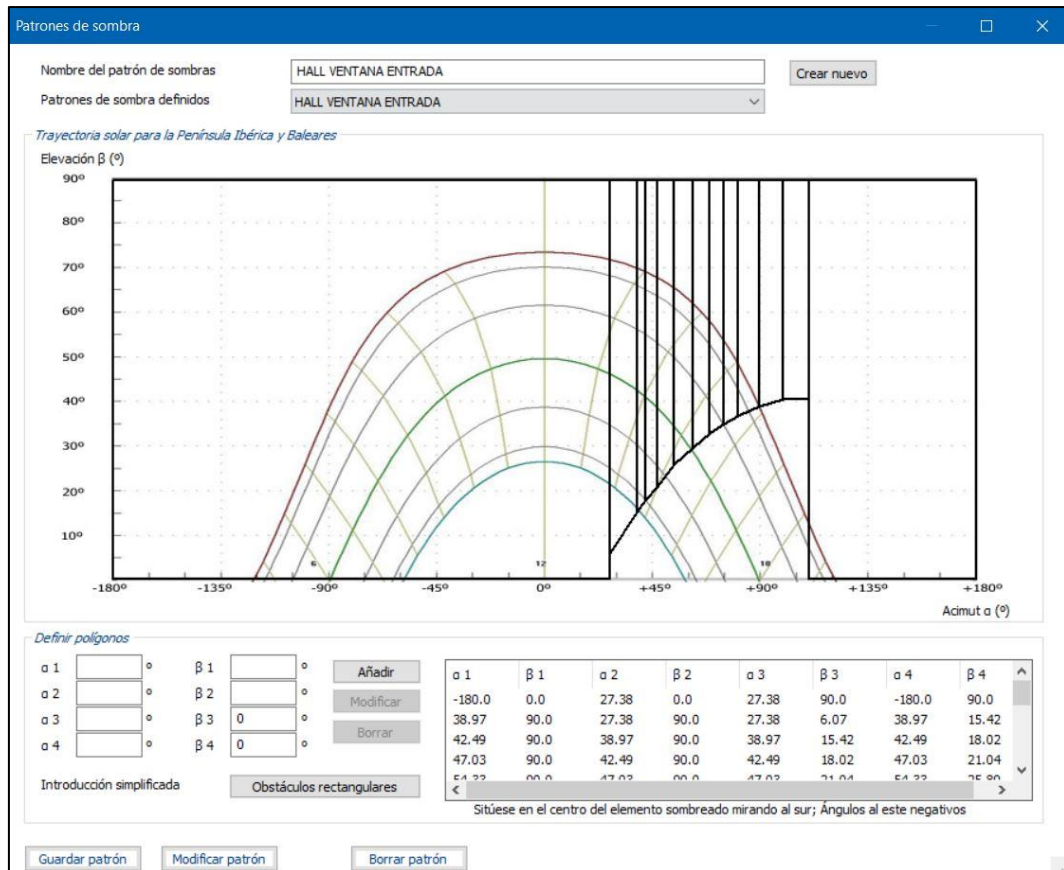


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 3.



Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 5.

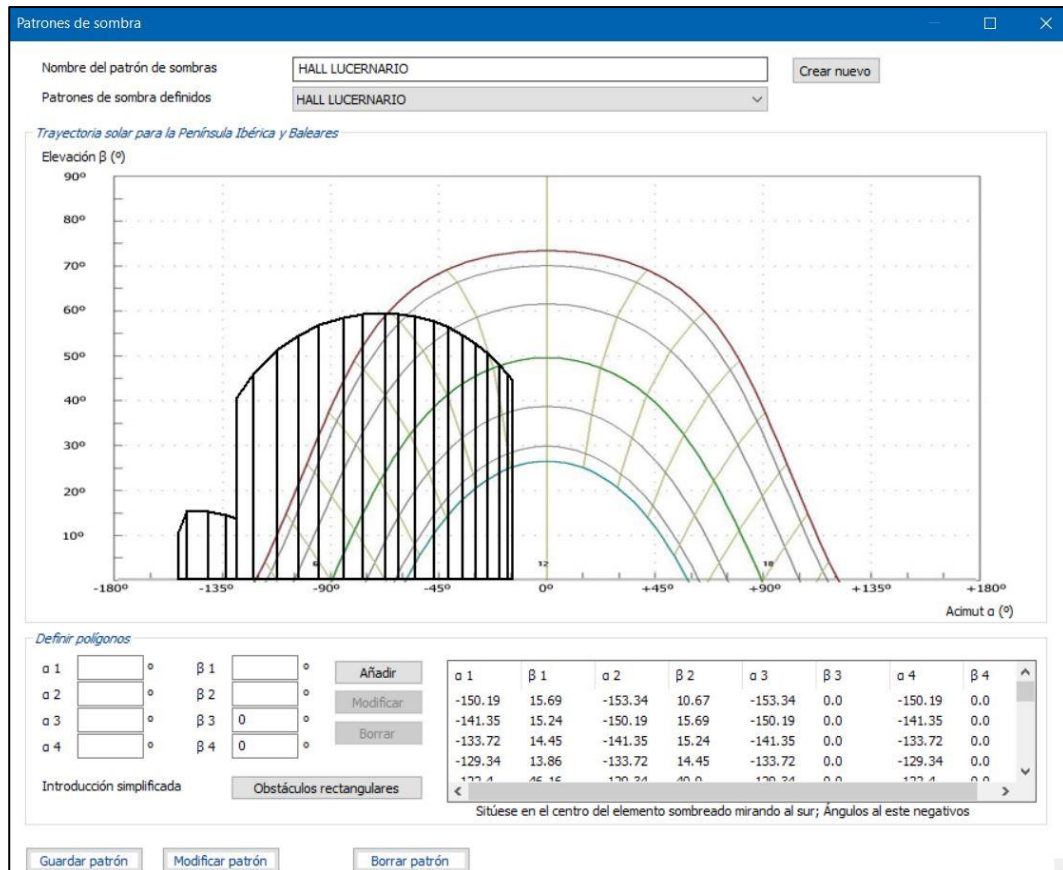


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras sobre una carta solar cilíndrica. Punto 9.



#### 4.4.8. Instalaciones.

Lo último que es necesario introducir en el software para obtener un certificado energético son los sistemas de instalaciones que, para simplificar el proceso, se ha definido en un solo sistema de Agua Caliente Sanitaria, Calefacción y Refrigeración.

**Instalaciones del edificio**

☐ Equipo de ACS
 ☐ Contribuciones energéticas  
☐ Equipo de sólo calefacción
 ☐ Equipos de iluminación  
☐ Equipo de sólo refrigeración
 ☐ Equipos de aire primario  
☐ Equipo de calefacción y refrigeración  
☐ Equipo mixto de calefacción y ACS  
☒ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

**Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS**

Nombre:  Zona:

**Características**

Tipo de generador:   
 Tipo de combustible:

**Demanda cubierta**

	ACS	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	13274.89	13274.89	13274.89
Porcentaje (%)	100	100	100

**Rendimiento medio estacional**

Rendimiento estacional:   
 Antigüedad del equipo:

	Rendimiento nominal	Rendimiento medio estacional
A.C.S	200.0 %	203.1 %
Calefacción	200.0 %	128.4 %
Refrigeración	180.0 %	144.6 %

☐ Con Acumulación

Zonas:

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

Imagen de elaboración propia. Captura Interfaz CE3X. Definición de las instalaciones.

## DOCUMENTO CERTIFICACIÓN EFICIENCIA ENERGÉTICA (CEE).

## CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE DISEÑO ETSID		
Dirección	Camí de Vera, s/n, 46022 València, Valencia		
Municipio	Valencia	Código Postal	46022
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Zona climática	B3	Año construcción	2005
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	8937901YJ2783H0001AD		

## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque             <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	-	NIF(NIE)	699999999
Razón social	-	NIF	699999999
Domicilio	-		
Municipio	VALENCIA	Código Postal	46010
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	jhigonc@ega.upv.es		Teléfono
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 09/06/2020

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha  
Ref. Catastral

09/06/2020  
8937901YJ2783H0001AD

Página 1 de 7

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	13274.89
---	----------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
FACHADA S3	Fachada	754.76	0.70	Estimadas
FACHADA S4	Fachada	325.54	0.70	Estimadas
FACHADA S1	Fachada	918.02	0.70	Estimadas
FACHADA S2	Fachada	38.56	0.70	Estimadas
FACHADA N3	Fachada	918.02	0.70	Estimadas
FACHADA N4	Fachada	325.54	0.70	Estimadas
FACHADA N1	Fachada	754.76	0.70	Estimadas
FACHADA N2	Fachada	1519.46	0.70	Estimadas
FACHADA P1	Fachada	101.44	2.23	Estimadas
FACHADA P2	Fachada	101.44	2.23	Estimadas
FACHADA H4	Fachada	139.8	0.70	Estimadas
FACHADA S1a	Fachada	32.43	0.70	Estimadas
FACHADA H1	Fachada	114.8	0.70	Estimadas
FACHADA N3a	Fachada	39.95	0.70	Estimadas
FACHADA H3	Fachada	21.04	0.70	Estimadas
FACHADA H2	Fachada	52.0	0.70	Estimadas
FACHADA H5 ENTRADA "INTERIOR"	Fachada	21.04	0.70	Estimadas
FACHADA H5	Fachada	472.2	0.70	Estimadas
CUBIERTA PASARELA	Cubierta	127.0	2.27	Estimadas
CUBIERTA HALL	Cubierta	835.0	0.65	Estimadas

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Modo de obtención
CUBIERTA S	Cubierta	1869.5	0.65	Estimadas
CUBIERTA N	Cubierta	1869.5	0.65	Estimadas
SUELO N	Suelo	1869.5	0.66	Estimadas
SUELO S	Suelo	1869.5	0.66	Estimadas
SUELO PASARELA	Suelo	127.0	0.66	Estimadas
SUELO HALL	Partición Interior	900.0	2.17	Por defecto
FACHADA PANELES E	Fachada	402.56	1.89	Estimadas

**Huecos y lucernarios**

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
VENTANA GENERAL BS-S	Hueco	1066.24	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BS-OE	Hueco	32.64	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BS-N	Hueco	826.88	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BS-E	Hueco	54.4	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA MEDIANA BS-OE	Hueco	41.28	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA LARGA BS-E	Hueco	102.24	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA MEDIANA BS-E	Hueco	68.8	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BN-N	Hueco	1066.24	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BN-S	Hueco	826.88	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BN-E	Hueco	54.4	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA LARGA BN-E	Hueco	102.24	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA MEDIANA BN-E	Hueco	68.8	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA LARGA BS-OE	Hueco	61.34	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BN-OE	Hueco	32.64	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA MEDIANA BN-OE	Hueco	41.28	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA LARGA BN-OE	Hueco	61.34	3.82	0.62	Estimado	Estimado
PASARELA L OE	Hueco	355.2	3.80	0.62	Estimado	Estimado
PASARELA S OE	Hueco	47.36	3.80	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA HALL-S-INT	Hueco	7.52	3.78	0.63	Estimado	Estimado
VENTANA HALL S EXT	Hueco	7.0	4.00	0.58	Estimado	Estimado
VENTANA HALL N EXT	Hueco	32.0	3.83	0.62	Estimado	Estimado
VENTANALES ENTRADA	Hueco	236.96	3.80	0.14	Estimado	Estimado
VENTANALES PATIO	Hueco	236.96	3.80	0.24	Estimado	Estimado
VENTANAS FACHADA PRINCIPAL	Hueco	3.0	3.80	0.62	Estimado	Estimado
LUCERNARIO L	Lucernario	56.0	3.80	0.62	Estimado	Estimado
LUCERNARIO M	Lucernario	8.0	3.80	0.62	Estimado	Estimado
LUCERNARIO S	Lucernario	1.0	3.80	0.62	Estimado	Estimado

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		128.4	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		144.6	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	4860.0
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		203.1	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

### 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m²]	Perfil de uso
Edificio	13274.89	Intensidad Media - 16h



## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	B3	Uso	Intensidad Media - 16h
----------------	----	-----	------------------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>&lt; 9.0A</div><div>9.0-14.6B</div><div>14.6-22.4C</div><div>22.4-29.2D</div><div>29.2-35.9E</div><div>35.9-44.9F</div><div>&gt; 44.9G</div></div> <div>29.4 E</div>		CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	C	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	C
		8.79		1.12	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	F	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	-
		19.51		0.00	
Emisiones globales [kgCO2/m² año]					

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	29.42	390488.71
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	0.00	0.00

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>&lt; 44.1A</div><div>44.1-71.7B</div><div>71.7-110.3C</div><div>110.3-143.4D</div><div>143.4-176.5E</div><div>176.5-220.6F</div><div>≥ 220.6G</div></div>	173.6 E	CALEFACCIÓN		ACS			
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	C		
		51.86		6.64			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	F	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
				115.15		0.00	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>&lt; 9.4A</div><div>9.4-15.3B</div><div>15.3-21.6C</div><div>21.6-30.7D</div><div>30.7-37.8E</div><div>37.8-47.2F</div><div>≥ 47.2G</div></div>	<div>34.1E</div>	<div><div>&lt; 22.2A</div><div>22.2-36.1B</div><div>36.1-55.5C</div><div>55.5-72.2D</div><div>72.2-88.8E</div><div>88.8-111.0F</div><div>≥ 111.0G</div></div>	<div>85.2E</div>
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Fecha  
Ref. Catastral

09/06/2020  
8937901YJ2783H0001AD

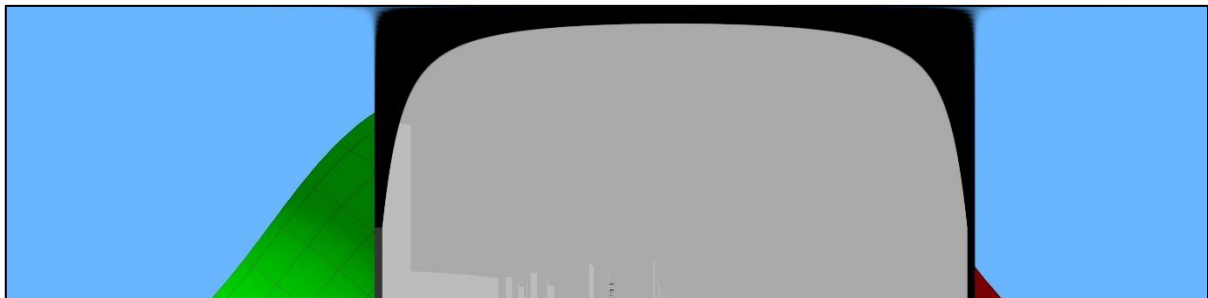
Página 5 de 7

#### 4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIONES SOLARES.

##### 4.5.1. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DEFICIENTES.

Tras reflexionar sobre el certificado energético obtenido es evidente que la tasa de refrigeración es muy elevada, 3 veces la de la tasa de calefacción. Esto se traduce a que el interior está siendo sobrecalentado por exceso de incidencia de radiación solar.

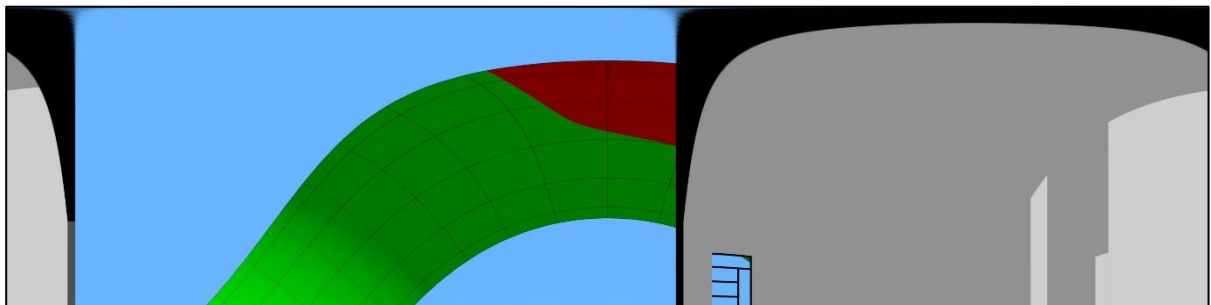
En el caso del edificio analizado, se puede deducir a simple vista que este sobrecalentamiento seguramente tenga algo que ver con el gran número de ventanas en las fachadas con una orientación sur, además de la pasarela que cuenta con una fachada acristalada con una orientación sudoeste. Para comprobar si existe un exceso de radiación solar en estos elementos se recurre a las panorámicas obtenidas anteriormente.



*Imagen de elaboración propia. Panorámica Punto 11.*

La primera de las panorámicas a analizar corresponde a la Fachada N1 (Fachada Norte del Bloque Norte). Debido a que la cámara se orienta a sur la fachada norte se encuentra detrás de esta y genera un tipo de imagen con la apariencia de haber sido partido en dos.

Se puede observar con claridad que las únicas aportaciones térmicas de este elemento son ventajosas ya que casi toda la radiación incidente pertenece a la zona verde de la bóveda celeste, lo cual quiere decir es favorable. En respuesta únicamente a la aportación de energía térmica al interior del edificio, se ha tomado la decisión de que no es necesario implementar un sistema de protecciones en fachadas con esta orientación. Sin embargo, se podría estudiar el diseño de un sistema para evitar deslumbramientos en las horas matutinas

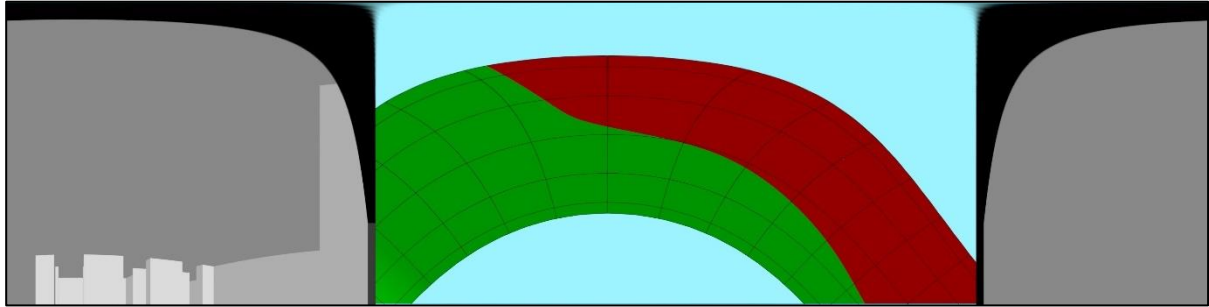


*Imagen de elaboración propia. Panorámica Puntos 12 y 17*

Ahora se analiza la panorámica que corresponde con las fachadas N2 y S3 (fachadas este de los bloque norte y sur). Al estar ambas fachadas contenidas en el mismo plano, los puntos de referencia 12 y 17 han generado la misma imagen. No se analiza la fachada este de la pasarela ya que está constituido en su mayoría por paneles metálicos aislantes.

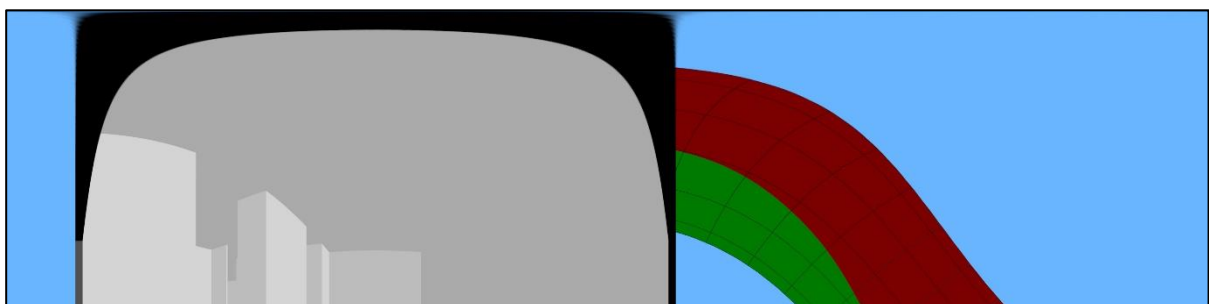


En esta imagen se detecta que la gran mayoría de radiación solar incidente es favorable y solo una ligera parte es desfavorable. Se puede plantear un sistema de protecciones para obstruir esta radiación indeseada al mismo tiempo que permite la entrada de la radiación deseada. Sin embargo, con una reflexión previa, debido al bajo número de huecos en las fachadas con esta orientación y la poca superficie que estas fachadas presentan, la incorporación de un sistema de protecciones solares no tendrá mucho impacto sobre la eficiencia global del edificio. Se procederá a realizar el estudio e incorporación de protecciones solares para verificar esta hipótesis.



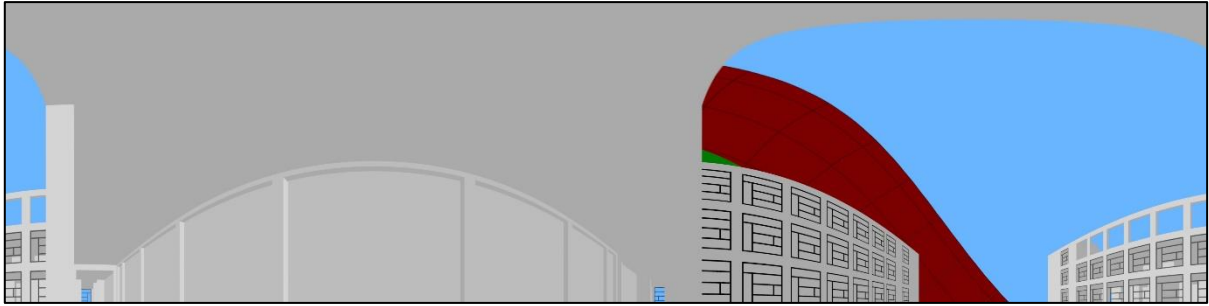
*Imagen de elaboración propia. Panorámica Punto 7.*

En la panorámica que corresponde a la fachada S3 (Fachada Sur del Bloque Sur) se observa que una gran parte de la radiación que atraviesa el hueco es problemática, pues pertenece a la zona roja de la bóveda celeste grafiada y por tanto se considera desfavorable. Es evidente que las fachadas con esta orientación necesitan una intervención urgente para impedir la penetración de esta radiación hacia el interior del edificio.



*Imagen de elaboración propia. Panorámica Puntos 8 y 10.*

Igual que con los puntos 12 y 17, los puntos 8 y 10 se encuentran en el mismo plano y por lo cual han generado la misma imagen. Con la panorámica correspondiente con las fachadas N4 y S4 (Fachadas Sudoestes de los bloques Norte y Sur), se puede observar que la mayoría de incidencia solar en estos elementos es indeseada y por tanto se requiere una intervención. No obstante, al estar en el mismo caso que las fachadas orientadas al este con un bajo número de huecos y poca superficie en respecto al conjunto, cualquier intervención no tendrá mucho impacto sobre el resultado global y por lo cual sería un sistema con poca rentabilidad.



*Imagen de elaboración propia. Panorámica Punto 15.*

Por último, se analiza la panorámica correspondiente a la fachada sudoeste de la pasarela. Esta fachada está compuesta casi en su totalidad de vidrio, siendo la estructura la única parte opaca. Se diferencia de las demás fachadas al tener una estructura más fina y por consecuencia, mayor superficie acristalada.

Como se puede ver claramente en la imagen, casi toda la radiación incidente es indeseada, pues se genera un alto sobrecalentamiento en el interior de la pasarela en los meses del solsticio de verano. Se deduce que existe la necesidad de incorporar un sistema de protecciones solares para evitar este hecho.

#### 4.5.2. MORFOLOGÍA DE LAS PROTECCIONES.

Resumiendo el punto anterior, se ha tomado la decisión de incorporar un sistema de protecciones solares en las fachadas con orientación sur y en la fachada sudoeste de la pasarela, además se estudiará la viabilidad de un sistema de protecciones para las fachadas este y sudoeste de los bloques Norte y Sur respectivamente. Estas dos fachadas presentan características similares en cuanto a superficie y número de huecos y por tanto, será suficiente comprobar la eficiencia de un sistema de protecciones en solo una de ellas.

A efecto de este tipo de trabajo, la forma más adecuada de actuar es mediante el diseño de un sistema que permite la entrada de radiación favorable al mismo tiempo que obstruye la radiación indeseada. No obstante, no es una línea viable con este tipo de edificio, ya que los huecos presentes desarrollan un papel fundamental en la composición de las fachadas y la incorporación de un sistema de lamas acabaría eliminando esta característica tan fundamental.

##### - FACHADAS SUR

Ya que no se plantea un sistema de lamas horizontales que tapan al hueco, se opta por un elemento en voladizo ubicado en el dintel para obstruir la entrada de radiación indeseada mayoritariamente en los meses calurosos del año, además de un plano vertical que se ubicará en la jamba del lado oeste del hueco para limitar la entrada de la radiación de la puesta del sol. Para hallar las dimensiones de estos elementos de protección, se emplea el método de los planos límite y las obstrucciones solares en una carta solar estereográfica correspondiente a una latitud de 39°.

El procedimiento llevado a cabo es el siguiente:

1. Sobre la carta solar se traza una línea AA' que representa un plano que contiene la fachada en la que se encuentra el hueco estudiado. En la primera imagen adjunta se puede observar una zona sombreada que representa la máscara de sombras del propio hueco. Esta zona significa que la radiación que se encuentra detrás del plano no puede entrar hacia el interior del edificio a través del hueco representado.
2. Seguidamente se coloca un arco definido por tres puntos, A, A' y un punto cualquiera ubicado en una recta ortogonal al plano de fachada que pasa por el centro de la carta solar. Este arco representa la obstrucción solar generado al colocar un plano horizontal en la parte superior del hueco.

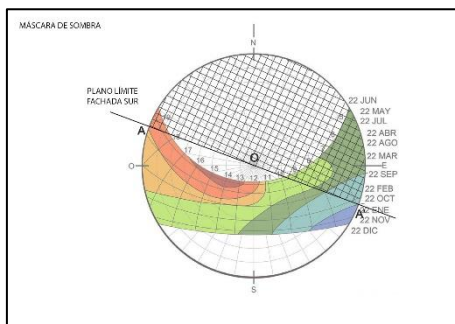


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras del propio hueco.

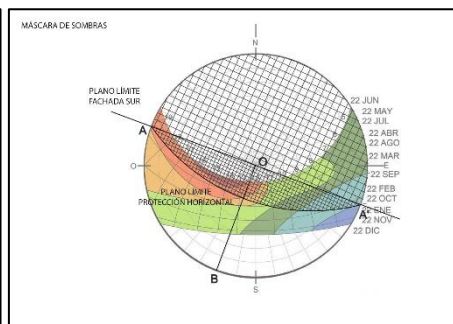


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras del sistema proyectado.

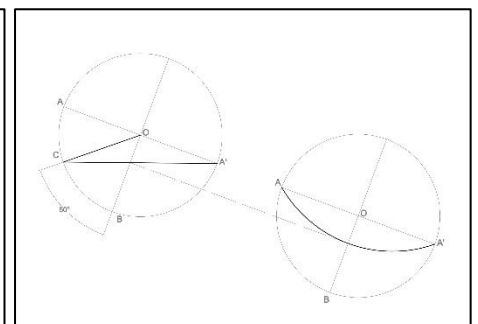


Imagen de elaboración propia. Proceso gráfico de proyección estereográfica.

3. El siguiente paso consiste en la generación del plano horizontal que se ha proyectado en la representación estereográfica. Tomando como base el alfeizar del hueco, se levantó una recta  $50^\circ$  como se indica en las imágenes a continuación de modo que el plano horizontal quedó delimitado por la intersección con dicha recta. Sin embargo, resultó en un voladizo de dimensiones exageradas. Por este motivo se ha tomado como base la primera partición de la carpintería para levantar la recta como se puede observar en la imagen adjunta de una vista lateral, resultando en un plano horizontal de una profundidad más aceptable.

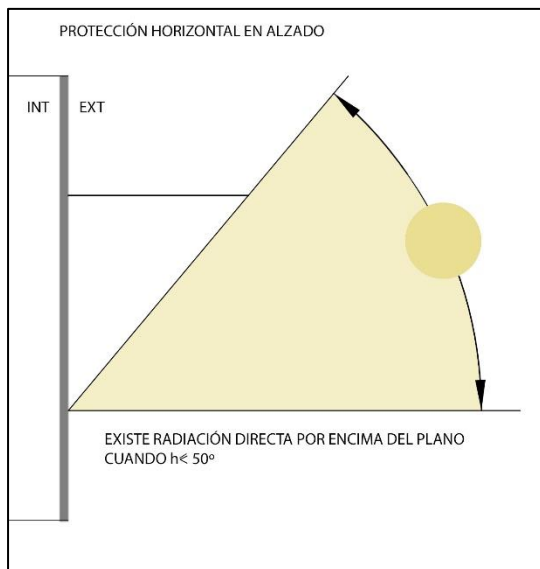


Imagen de elaboración propia. Vista lateral de la incidencia solar con la protección incorporada.

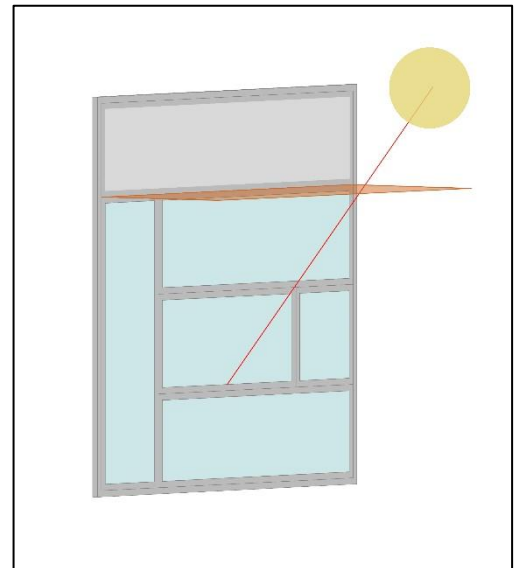


Imagen de elaboración propia. Vista 3D de la altura máxima sobre el horizonte del sol.

Como se puede observar en la vista lateral incluida, habrá incidencia de radiación solar directamente hacia el interior del hueco cuando la altura sobre el horizonte del Sol tenga un valor menor o igual a  $50^\circ$ .

4. Se aprovecha la profundidad de este plano horizontal para generar la protección vertical en la jamba izquierda (oeste) del hueco como se indica en las siguientes imágenes adjuntas. Sin embargo, las dimensiones de ambos elementos siguen pareciendo exageradas por lo que se ha realizado un recorte para reducir la superficie total que conforman.

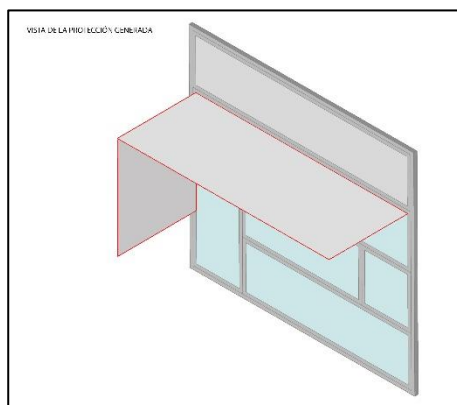


Imagen de elaboración propia. Vista 3D de la forma genérica del sistema.

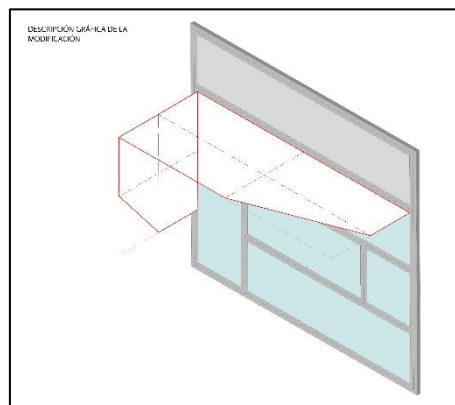


Imagen de elaboración propia. Descripción gráfica de la modificación

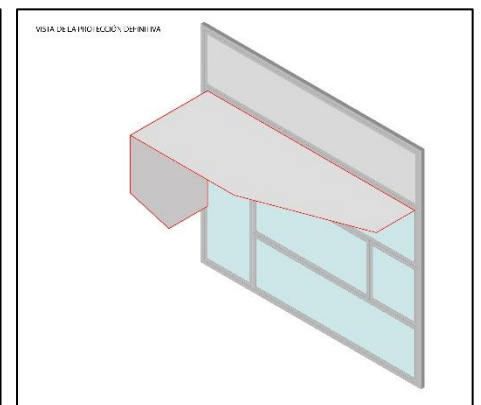


Imagen de elaboración propia. Vista 3D del sistema definitivo.

- El siguiente paso es realizar la proyección estereográfica de elemento vertical que se ha añadido siguiendo el procedimiento de los planos límite que se ha explicado en el desarrollo teórico del trabajo.

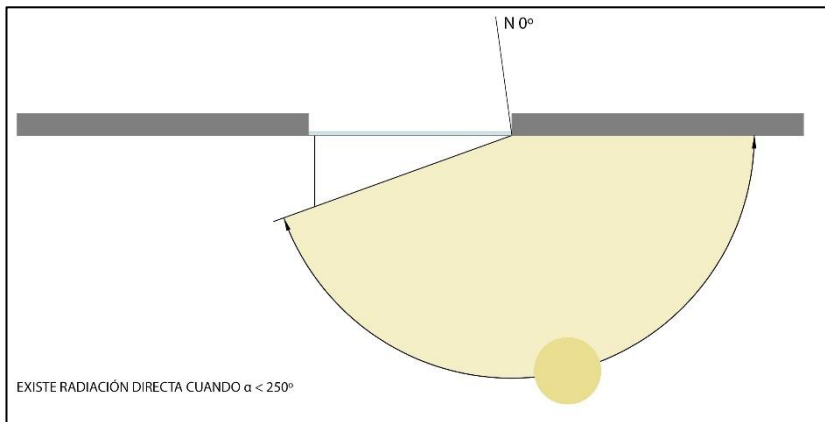


Imagen de elaboración propia. Vista en planta de la incidencia de radiación solar.

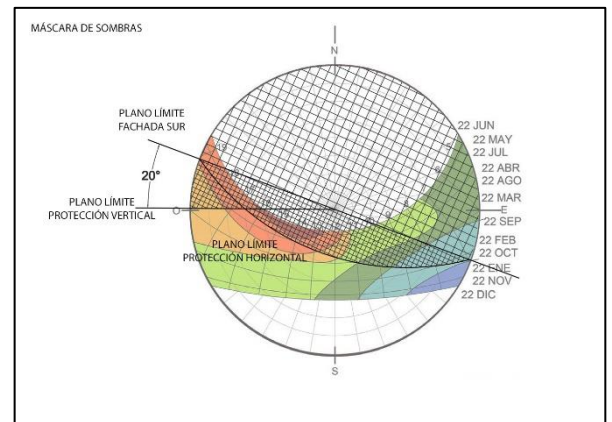


Imagen de elaboración propia. Proyección estereográfica de la máscara de sombras obtenida

Como se puede apreciar en la vista en planta de la trayectoria solar, si el acimut del Sol es mayor a  $250^\circ$  no habrá incidencia directa de radiación solar. Esto significa que se obstruye la radiación de la puesta del Sol en los meses de verano funcionando a la vez como protector de deslumbramientos.

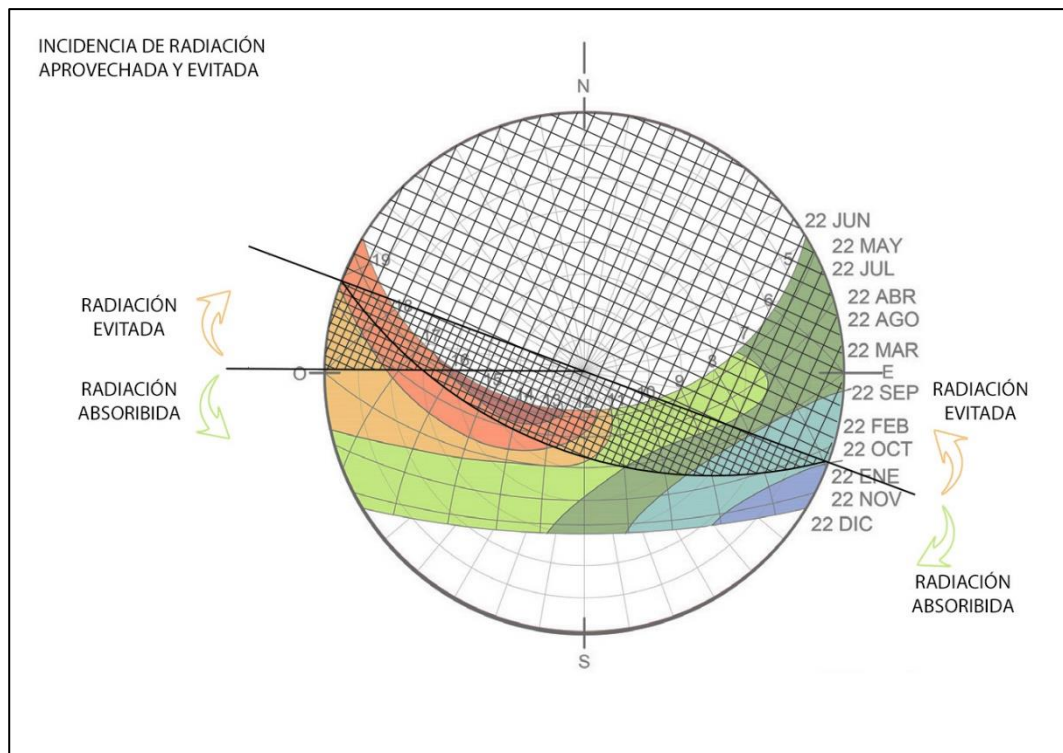


Imagen de elaboración propia. Descripción de la incidencia de radiación solar.

#### - FACHADA ESTE

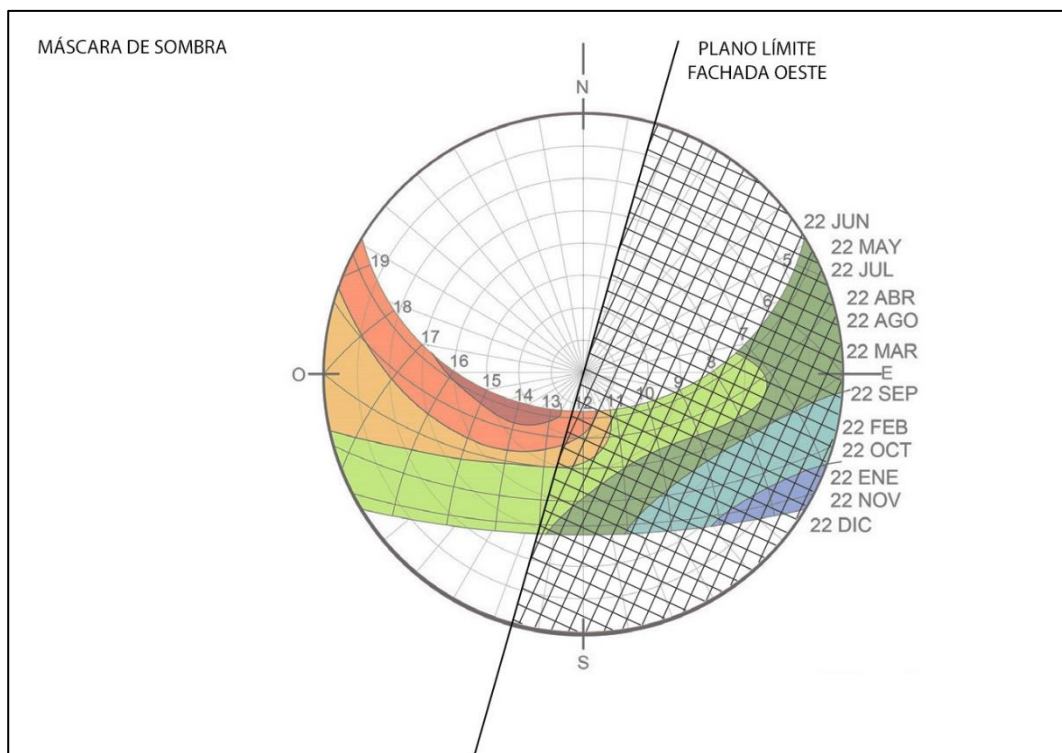
Para las fachadas con esta orientación se ha estudiado tanto la opción de incorporar un plano vertical en la jamba izquierda como un plano horizontal en su dintel. Se ha seguido el mismo proceso explicado anteriormente con las fachadas con orientación sur y el resultado ha sido planos exageradamente grandes para obstruir la radiación indeseada. Consecuencialmente obstruyen demasiada radiación favorable como para que se consideren válidos.

Debido a estos resultados se ha optado por colocar un plano horizontal con 15 cm de profundidad en el dintel del hueco para delimitar en cierta medida la radiación indeseada.

#### - FACHADA SUDOESTE

Como los huecos presentes en las fachadas con una orientación sudoeste producen resultados gráficos similares a los huecos de las fachadas con orientación este, se centra el análisis morfológico en la pasarela ya que se ha determinado como un punto polémico del edificio.

Se sigue el mismo procedimiento llevado a cabo para las fachadas sur, de modo que la superposición de la carta solar estereográfica con el plano límite de esta fachada queda tal como se demuestra en la imagen adjunta.



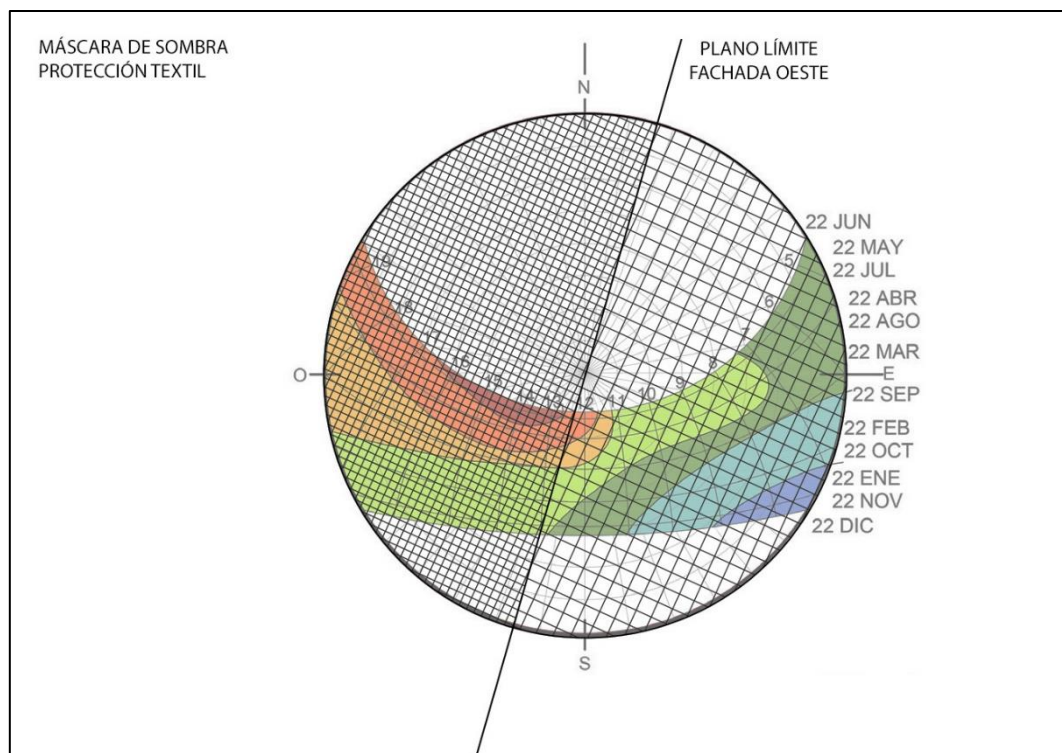
*Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras del propio hueco.*



Según la representación gráfica del plano límite, se observa que la mayoría de la radiación incidente es desfavorable y por tanto cualquier inserción de protecciones horizontales o verticales con el fin de ocultar la radiación negativa, pero manteniendo las vistas interior-externo, tendrá un impacto importante en la incidencia de radiación aprovechable y por tanto no se considera que son opciones viables para esta fachada.

Para poder mantener estas vistas se propone la incorporación de un sistema de protección que funciona a modo de filtro, disminuyendo tanto la radiación negativa como la positiva de manera uniforme. Para lograr este efecto será necesario la introducción de una lámina cuyas características puedan filtrar la radiación incidente generando una disminución porcentual.

Se ha tomado la decisión de incorporar un sistema de láminas textiles para proteger la fachada sudoeste de la pasarela generando una máscara de sombras que se expone a continuación en proyección estereográfica.



*Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras en proyección estereográfica para una protección textil*



Un sistema formado por láminas textiles aporta una serie de ventajas destacables como son la ligereza del conjunto, la flexibilidad, la facilidad de montaje en seco y una estructura sencilla. Además, esta tipología resulta ser una opción bastante ecológica con una huella de dióxido de carbono muy bajo.

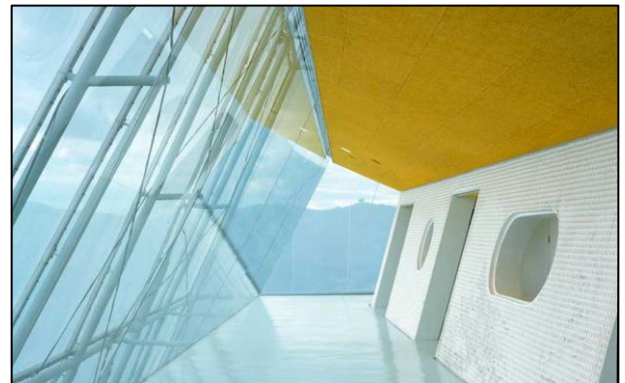
A continuación, se expone algunos ejemplos de la incorporación de estos sistemas en edificios construidos para demostrar su utilidad como material de protección solar.

**PRIMER EJEMPLO: Palacio de Congresos Plasencia** (Plasencia), realizado por **Estudio SelgasCano y FHECOR**.

En este proyecto destaca el uso de EFTE, un fluoropolímero fuerte, resistente, transparente y ligero. La piel exterior está formada por láminas tensadas sujetadas por la estructura ligera conformada por perfiles metálicos tubulares y tensores. De este modo se puede diseñar una gran variedad de formas y geometrías con facilidad debido a que el material puede adaptarse a todo tipo de superficies proyectadas. La característica más destacable respecto a este trabajo es su capacidad de mantener la relación de vistas interior-exterior al mismo tiempo que filtra la radiación solar.



*Imagen adjunta 19. Fotografía exterior del palacio de congresos de Palencia.*



*Imagen adjunta 20. Fotografía interior del palacio de congresos de Palencia.*

**SEGUNDO EJEMPLO: Hall de viajeros y marquesina peatones de la Estación Central de Luxemburgo** (Luxemburgo), realizado por el estudio **AREP**.

Este proyecto se acerca más a la intención de este trabajo, pues es una intervención en un edificio ya construido y aunque la motivación de la incorporación de este sistema tiene más que ver con la protección de aguas pluviales, se puede observar que funciona perfectamente como un sistema de protección solar. La marquesina del hall crea un espacio singular e integrado de forma natural a la estación mediante una cubierta fraccionada en 160 piezas de ETFE. Se refuerza cada membrana mediante la disposición de cables colocados paralelamente. La impresión de la lámina tiene distintas opacidades que matizan la luz natural.



*Imagen adjunta 21. Fotografía exterior de la estación central de Luxemburgo.*



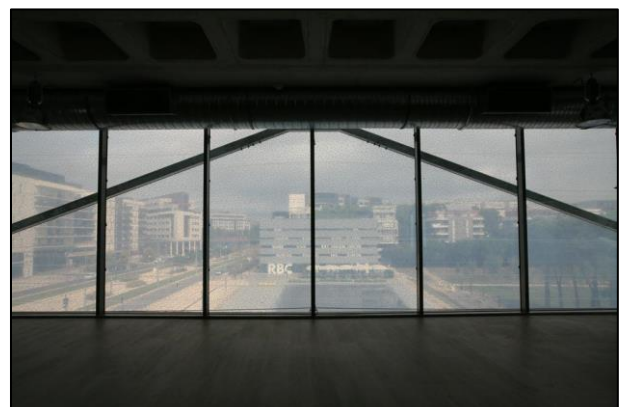
*Imagen adjunta 22. Fotografía exterior de marquesina de peatones.*

**TERCER EJEMPLO: LE NUAGE** (Montpellier), realizado por **Philippe Starck**

Se presenta un proyecto con mayor robustez que los anteriores para demostrar las amplias posibilidades de diseño que presenta la arquitectura textil y en especial el EFTE. Le Nauge (la nube) es el primer edificio privado hinchable en Europa, pues la piel exterior está formada por láminas de EFTE con cámaras de aire que dan la sensación de grandes burbujas. A pesar de esta doble capa de EFTE y un patrón impreso en la superficie de la capa exterior, sigue funcionando perfectamente como un sistema de protección solar que filtra la radiación al interior al mismo tiempo que conserva las vistas interior-exterior.



*Imagen adjunta 23. Fotografía exterior de Le Nuage.*



*Imagen adjunta 24. Fotografía interior de Le Nuage.*

### **INTEGRACIÓN DE UNA PROTECCIÓN TEXTIL EN ESTE TRABAJO**

Tras recopilar esta información, está claro que uno de los mejores materiales textiles que se puede emplear en este trabajo es el EFTE (Tetrafluoroetileno de etileno o Etileno-TetraFluoroEtileno), un termoplástico de gran resistencia al calor, a la corrosión y a los rayos ultravioletas. Una de sus mejores características es su peso diminuto, cien veces menor que el del vidrio que aporta una ligereza tremenda a las fachadas además de tener mayor capacidad aislante e incluso proporcionar una mayor iluminación de espacios interiores.

Se pretende incorporar este sistema en el edificio objeto del estudio en la fachada sudoeste de la pasarela que como ya se ha visto previamente, consiste prácticamente en una gran superficie vidriada que recibe una cantidad elevada de radiación desfavorable.

Para ello, se aprovechará la estructura existente para montar una estructura auxiliar metálica y ligera a base de perfiles tubulares y placas de anclaje, de la cual se fijará un sistema monocapa formado por láminas de EFTE. De esta manera se puede conservar las vistas interior-exterior que presenta esta fachada, además de filtrar porcentualmente la radiación solar incidente con el fin de reducir el sobrecalentamiento que se está produciendo en el interior.

En las hojas a continuación se ha incluido unas imágenes 3D del edificio estudiado con los sistemas de protección instalados en las fachadas.

- **PROTECCIONES ORIENTACIÓN SUR**

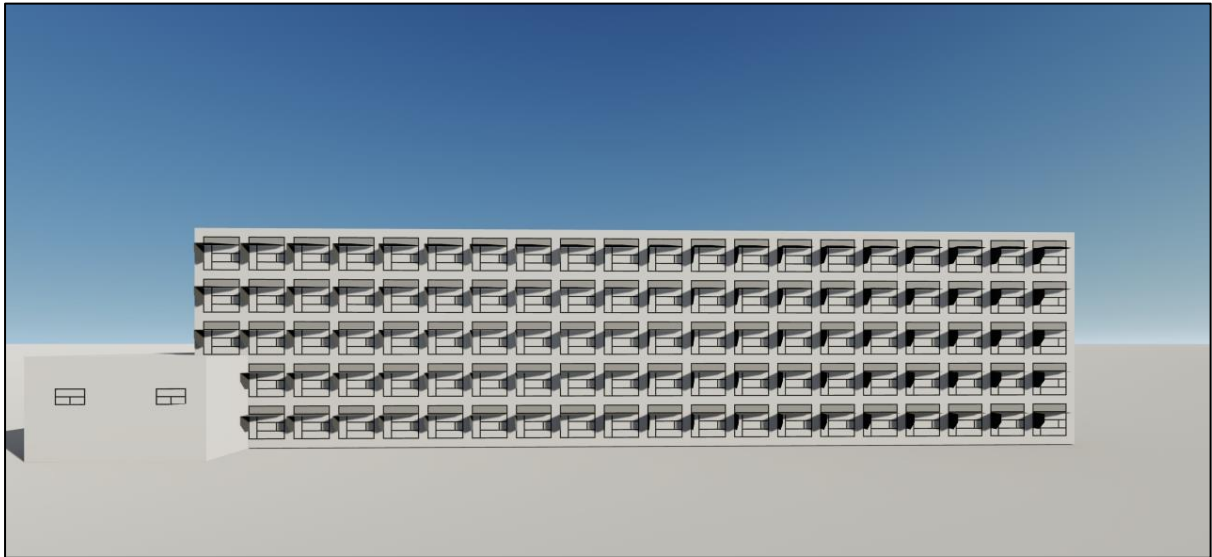


*Imagen de elaboración propia. Vista general del sistema "sur".*



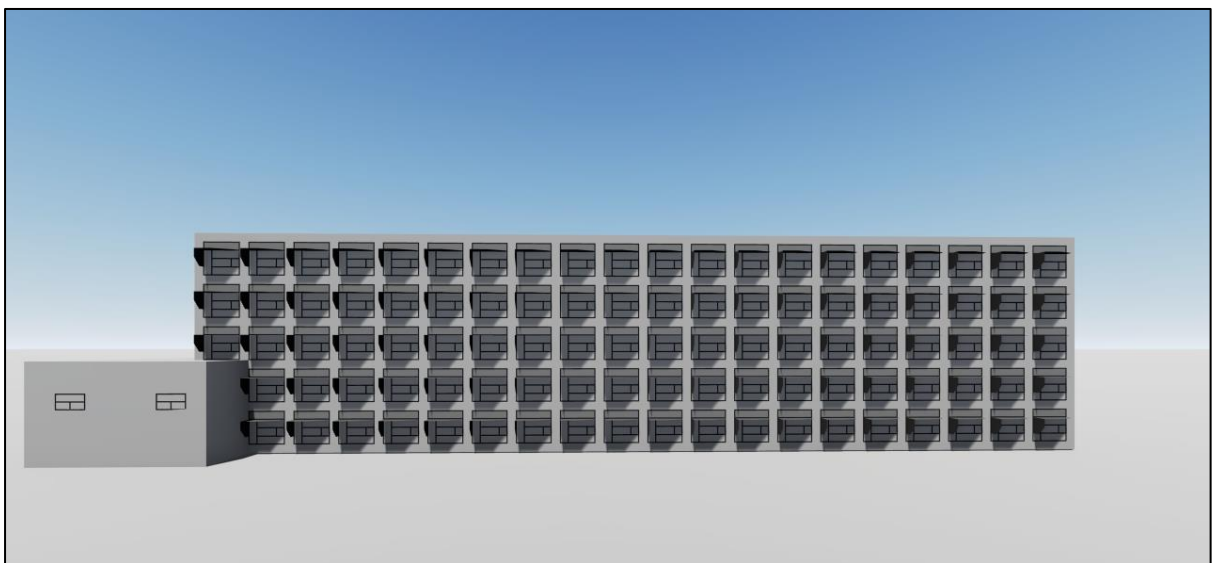
*Imagen de elaboración propia. Vista fachada sur con protecciones incorporadas.*

- 22 junio 08:00h



*Imagen de elaboración propia. Estudio del asoleamiento. Mañana.*

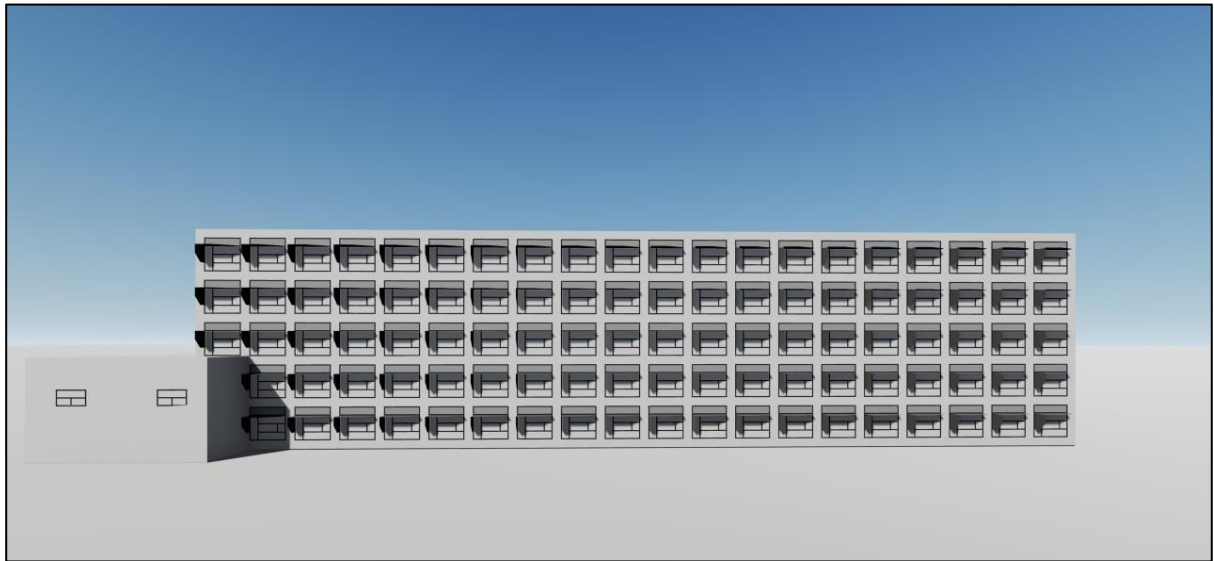
- 22 junio 13:00h



*Imagen de elaboración propia. Estudio del asoleamiento. Mediodía.*



- 22 junio 18:00h



*Imagen de elaboración propia. Estudio del asoleamiento. Atardecer.*



- **PROTECCIÓN TEXTIL (FACHADA SUDOESTE PASARELA)**



*Imagen de elaboración propia. Vista del sistema de protección "sur" y el sistema textil sudoeste*



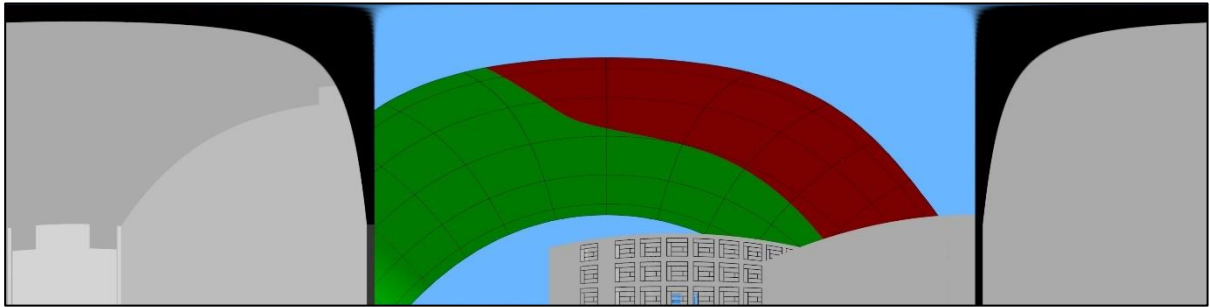
*Imagen de elaboración propia. Detalle de los sistemas incorporados.*

#### 4.5.2.1. Incorporación de las protecciones solares. Consecuencias.

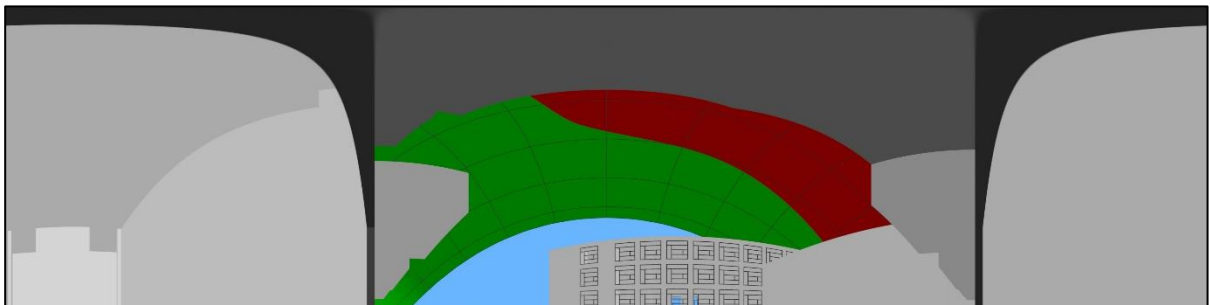
En este apartado se va a estudiar el impacto que tiene implantar los sistemas obtenidos en el edificio estudiado. El procedimiento a seguir es el mismo que explicado anteriormente ya que es necesario generar un nuevo certificado energético para comprobar que se está reduciendo la tasa energética de climatización.

#### 4.5.2.2. Imágenes panorámicas de las protecciones colocadas.

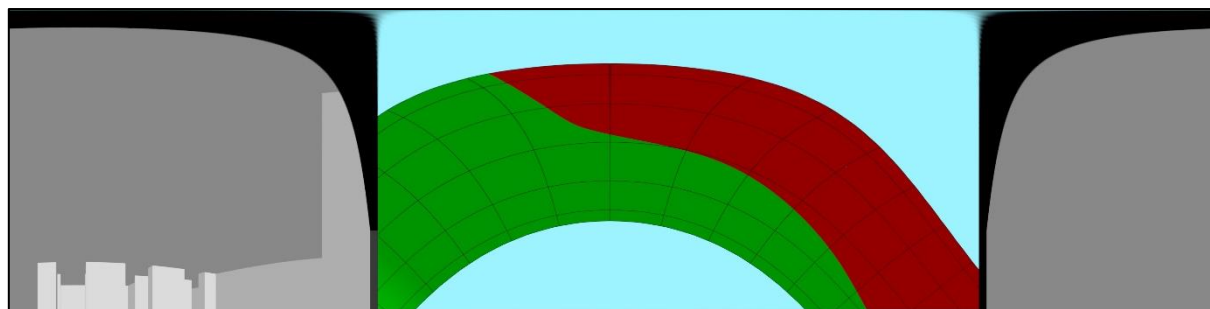
Se vuelve a generar las panorámicas en todos los puntos de referencia que ahora cuentan con un sistema de protección solar con el fin de obtener las nuevas máscaras de sombras generadas por las protecciones. Se adjunta a continuación una comparación entre las panorámicas sin protecciones y con protecciones para apreciar la diferencia de entrada de radiación solar.



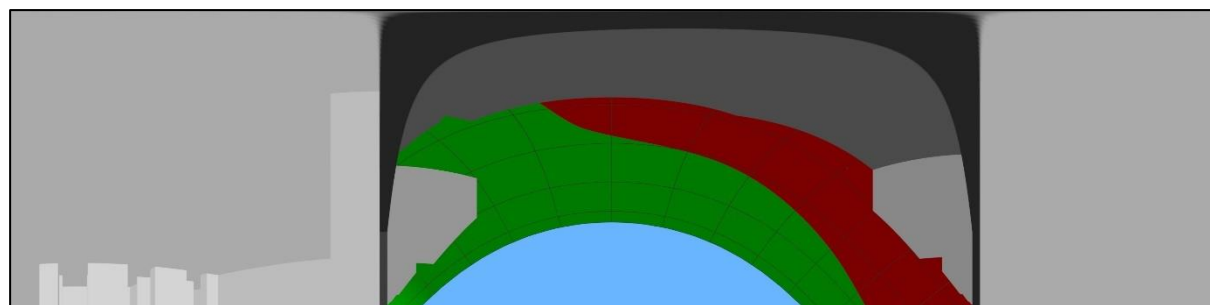
*Imagen de elaboración propia. Panorámica fachada N3 sin protecciones.*



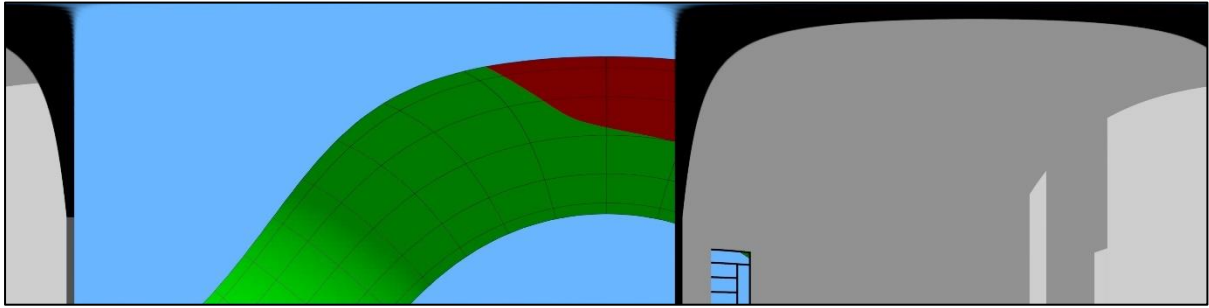
*Imagen de elaboración propia. Panorámica fachada N3 con protecciones.*



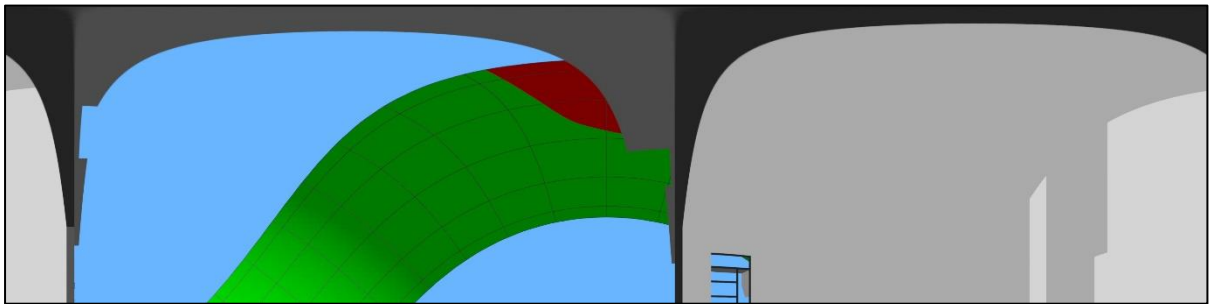
*Imagen de elaboración propia. Panorámica fachada S3 sin protecciones.*



*Imagen de elaboración propia. Panorámica fachada S3 con protecciones.*



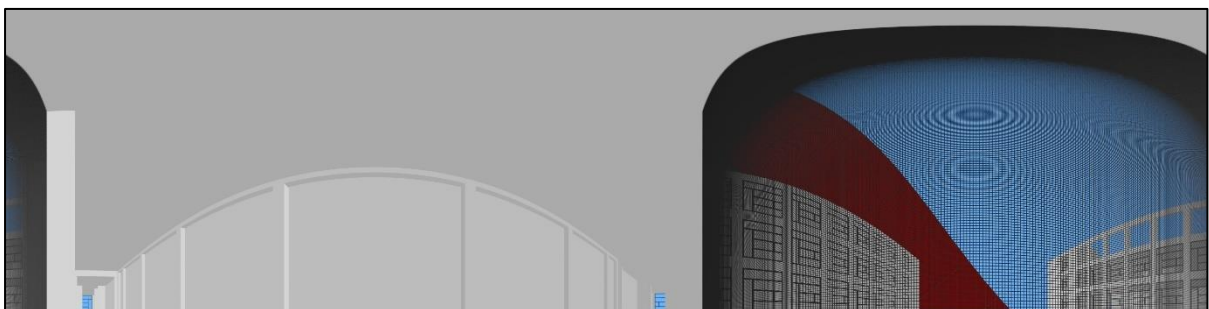
*Imagen de elaboración propia. Panorámica fachadas N2 y S2 sin protecciones.*



*Imagen de elaboración propia. Panorámica fachadas N2 y S2 con protecciones.*



*Imagen de elaboración propia. Panorámica fachada P1 sin protecciones.*



*Imagen de elaboración propia. Panorámica fachada P1 con protecciones.*

Respecto a las panorámicas generadas desde este punto, cabe explicar que la obstrucción que se puede observar en la segunda imagen se ha creado a base de un tramado de líneas ortogonales entre sí a las que se ha aplicado un ligero grosor en el programa 3ds Max. En cuanto a la máscara de sombras generadas, al no poder computar con una reducción porcentual de la radiación incidente, a efectos de este trabajo se toma como válido considerar esta protección textil como una obstrucción solar del 100%.

#### 4.5.2.3. Obtención de las máscaras de sombras.

A continuación se expone una comparación entre las máscaras de sombras obtenidas sin protecciones solares y con protecciones solares. El procedimiento para obtener estas máscaras es el mismo que se ha explicado y realizado previamente. Tras su obtención, se actualiza los paramentos afectados en CE3X como son las fachadas: N2, N3, S2, S3 y P1.

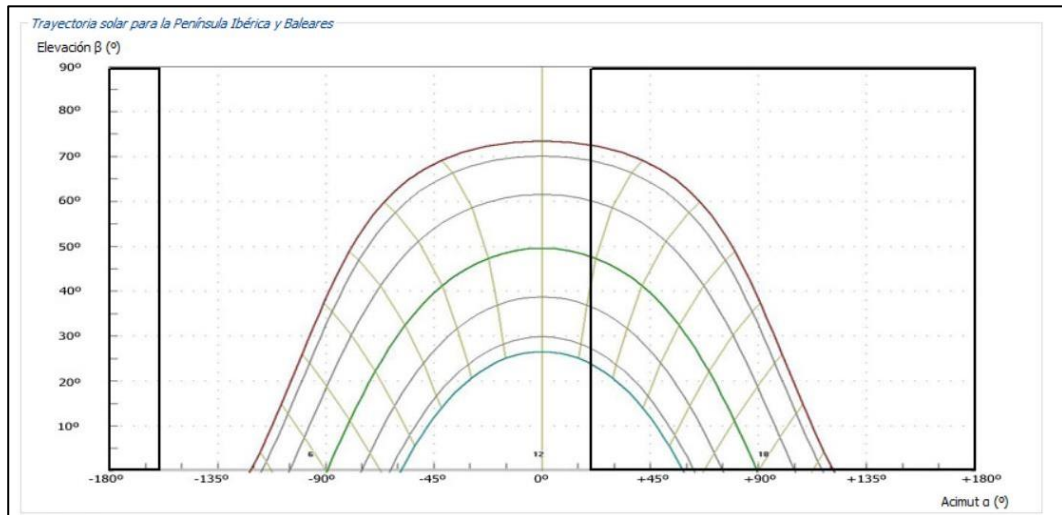


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras fachadas N2 y S2 sin protecciones.

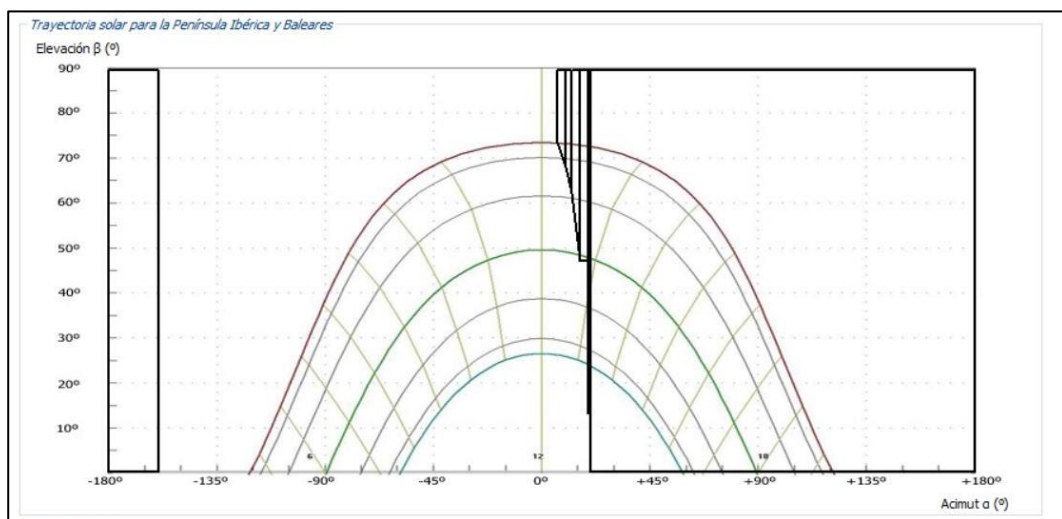


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras fachadas N2 y S2 con protecciones.

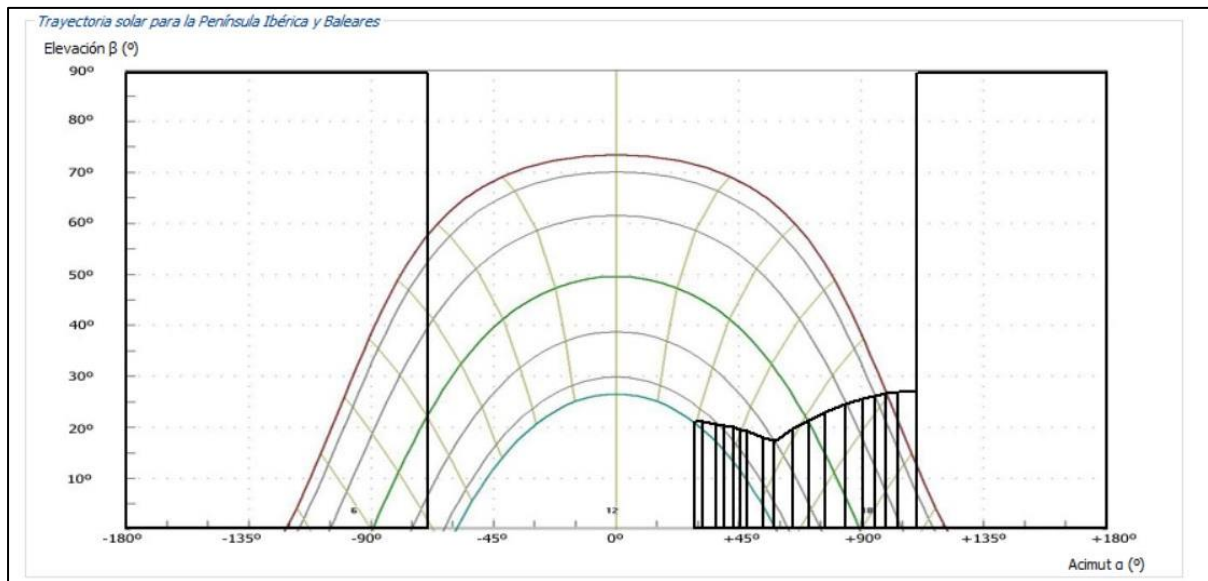


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras fachada N2 sin protecciones.

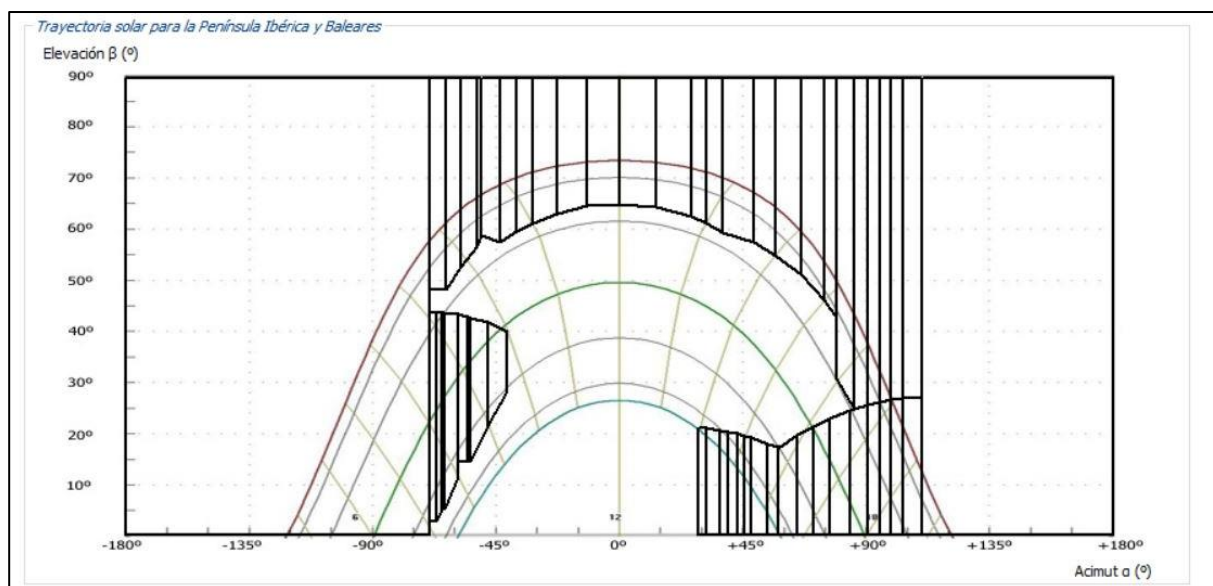


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras fachada N2 con protecciones.



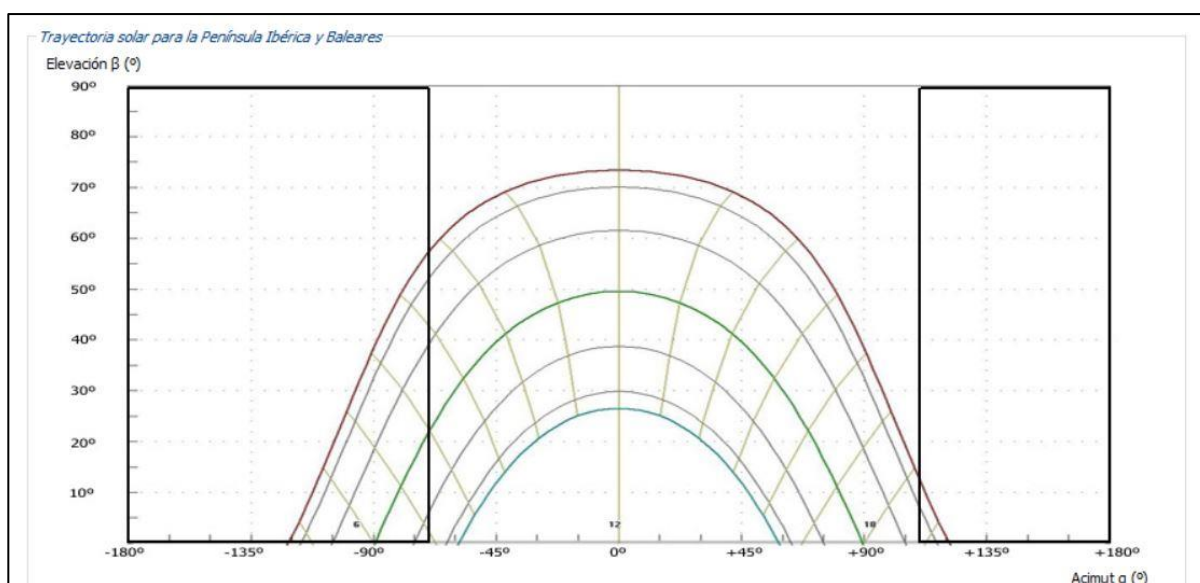


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras fachada S2 sin protecciones.

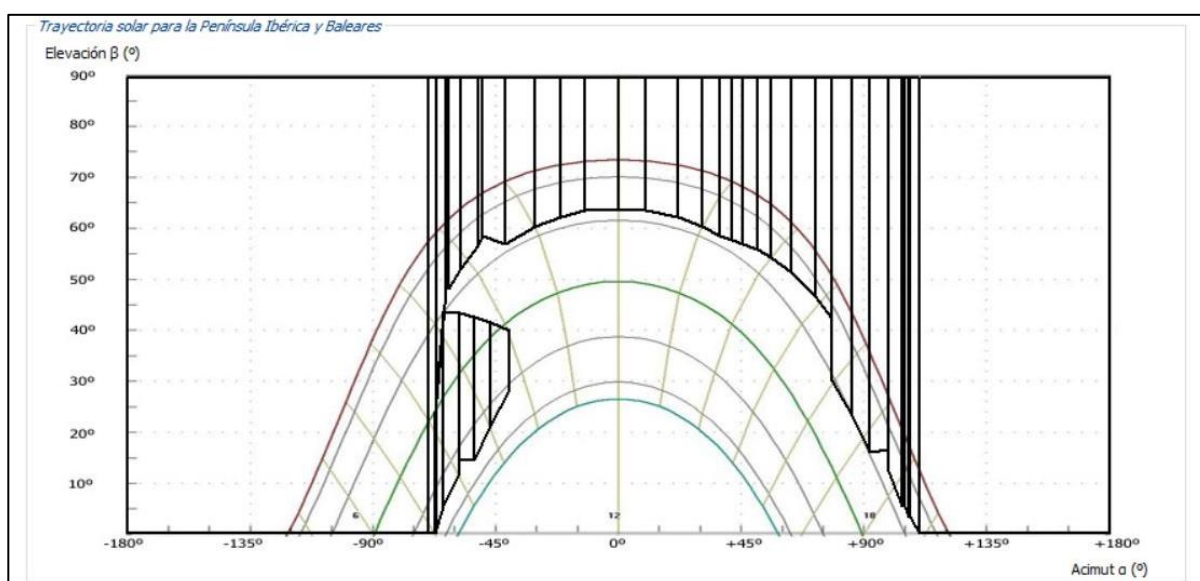


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras fachada S2 con protecciones.



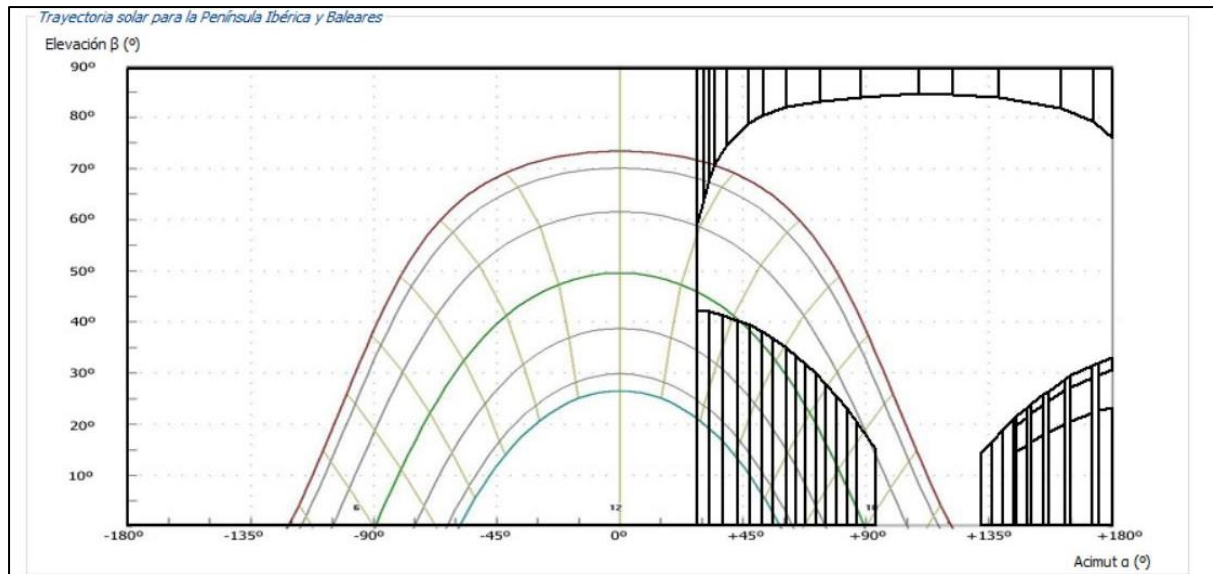


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras fachada P1 sin protecciones.

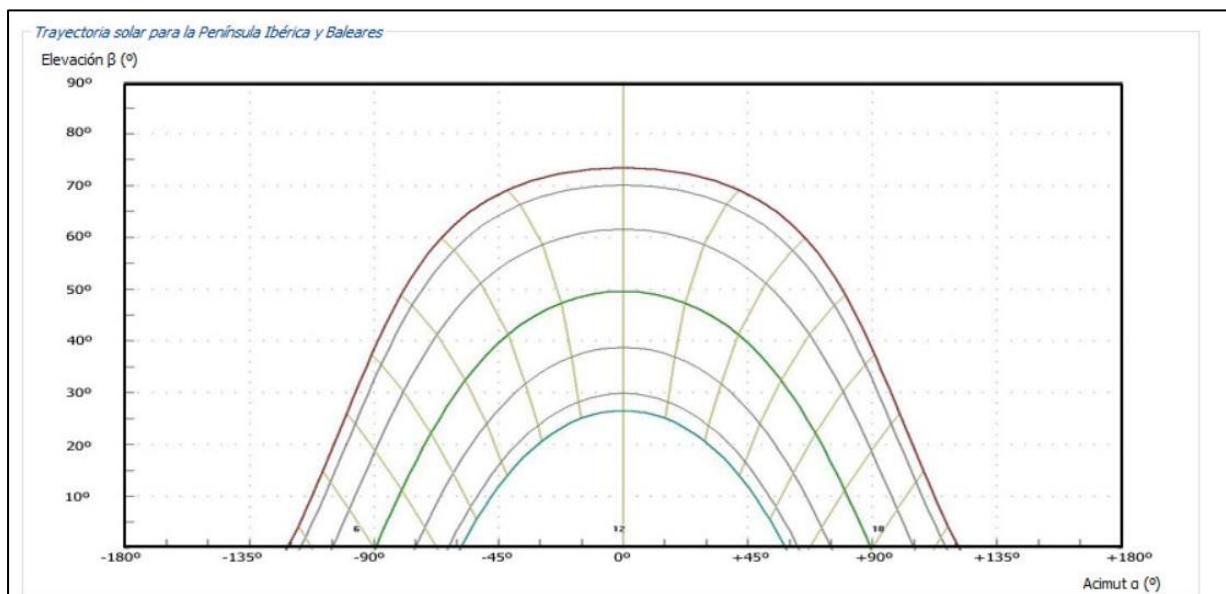


Imagen de elaboración propia. Máscara de sombras fachada P1 con protecciones.

Debido a que en CE3X , como se ha comentado anteriormente, no se puede introducir una máscara de sombras que filtra porcentualmente la radiación incidente, se ha definido una máscara que oculta toda la radiación solar como se puede observar en la previa imagen adjunta.

### 1.10. CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA CON LAS PROTECCIONES SOLARES.

Para poder comprobar la eficiencia e impacto de cada tipología de protección instalada, se ha incorporado en el CE3X cada nueva máscara de sombras progresivamente. A continuación se adjunta el certificado energético con todas las tipologías incorporadas y más adelante se realiza una comparación de cada sistema por separado, para poder analizar cómo contribuyen sobre los resultados globales.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS			
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:</b>			
Nombre del edificio	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE DISEÑO ETSID		
Dirección	Camí de Vera, s/n, 46022 València, Valencia		
Municipio	Valencia	Código Postal	46022
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Zona climática	B3	Año construcción	2005
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	8937901YJ2783H0001AD		
<b>Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:</b>			
<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción		<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente	
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque             <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>		<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>	
<b>DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:</b>			
Nombre y Apellidos	-	NIF(NIE)	699999999
Razón social	-	NIF	699999999
Domicilio	-		
Municipio	VALENCIA	Código Postal	46010
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	jhigonc@ega.upv.es	Teléfono	699999999
Titulación habilitante según normativa vigente		Ingeniero	
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:		CEXv2.3	
<b>CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:</b>			
<b>CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE</b> <b>[kWh/m² año]</b>		<b>EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO</b> <b>[kgCO<sub>2</sub>/ m² año]</b>	
<p>El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:</p> <p>Fecha: 12/06/2020</p> <p style="text-align: right;">Firma del técnico certificador</p> <p><b>Anexo I.</b> Descripción de las características energéticas del edificio.  <b>Anexo II.</b> Calificación energética del edificio.  <b>Anexo III.</b> Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  <b>Anexo IV.</b> Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.</p> <p>Registro del Órgano Territorial Competente:</p>			
Fecha	12/06/2020		
Ref. Catastral	8937901YJ2783H0001AD		

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	13274.89
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
FACHADA S3	Fachada	754.76	0.70	Estimadas
FACHADA S4	Fachada	325.54	0.70	Estimadas
FACHADA S1	Fachada	918.02	0.70	Estimadas
FACHADA S2	Fachada	38.56	0.70	Estimadas
FACHADA N3	Fachada	918.02	0.70	Estimadas
FACHADA N4	Fachada	325.54	0.70	Estimadas
FACHADA N1	Fachada	754.76	0.70	Estimadas
FACHADA N2	Fachada	1519.46	0.70	Estimadas
FACHADA P2	Fachada	101.44	2.23	Estimadas
FACHADA P1	Fachada	101.44	2.23	Estimadas
FACHADA H4	Fachada	139.8	0.70	Estimadas
FACHADA S1a	Fachada	32.43	0.70	Estimadas
FACHADA H1	Fachada	114.8	0.70	Estimadas
FACHADA N3a	Fachada	39.95	0.70	Estimadas
FACHADA H3	Fachada	21.04	0.70	Estimadas
FACHADA H2	Fachada	52.0	0.70	Estimadas
FACHADA H5 ENTRADA "INTERIOR"	Fachada	21.04	0.70	Estimadas
FACHADA H5	Fachada	472.2	0.70	Estimadas
CUBIERTA PASARELA	Cubierta	127.0	2.27	Estimadas
CUBIERTA HALL	Cubierta	835.0	0.65	Estimadas

Fecha  
Ref. Catastral

12/06/2020  
8937901YJ2783H0001AD

Página 2 de 7

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Modo de obtención
CUBIERTA S	Cubierta	1869.5	0.65	Estimadas
CUBIERTA N	Cubierta	1869.5	0.65	Estimadas
SUELO N	Suelo	1869.5	0.66	Estimadas
SUELO S	Suelo	1869.5	0.66	Estimadas
SUELO PASARELA	Suelo	127.0	0.66	Estimadas
SUELO HALL	Partición Interior	900.0	2.17	Por defecto
FACHADA PANELES E	Fachada	402.56	1.89	Estimadas

**Huecos y lucernarios**

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
VENTANA GENERAL BS-S	Hueco	1066.24	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BS-OE	Hueco	32.64	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BS-N	Hueco	826.88	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BS-E	Hueco	54.4	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA MEDIANA BS-OE	Hueco	41.28	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA LARGA BS-E	Hueco	102.24	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA MEDIANA BS-E	Hueco	68.8	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BN-N	Hueco	1066.24	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BN-S	Hueco	826.88	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BN-E	Hueco	54.4	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA LARGA BN-E	Hueco	102.24	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA MEDIANA BN-E	Hueco	68.8	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA LARGA BS-OE	Hueco	61.34	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA GENERAL BN-OE	Hueco	32.64	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA MEDIANA BN-OE	Hueco	41.28	3.82	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA LARGA BN-OE	Hueco	61.34	3.82	0.62	Estimado	Estimado
PASARELA L OE	Hueco	355.2	3.80	0.62	Estimado	Estimado
PASARELA S OE	Hueco	47.36	3.80	0.62	Estimado	Estimado
VENTANA HALL-S-INT	Hueco	7.52	3.78	0.63	Estimado	Estimado
VENTANA HALL S EXT	Hueco	7.0	4.00	0.58	Estimado	Estimado
VENTANA HALL N EXT	Hueco	32.0	3.83	0.62	Estimado	Estimado
VENTANALES ENTRADA	Hueco	236.96	3.80	0.14	Estimado	Estimado
VENTANALES PATIO	Hueco	236.96	3.80	0.24	Estimado	Estimado
VENTANAS FACHADA PRINCIPAL	Hueco	3.0	3.80	0.62	Estimado	Estimado
LUCERNARIO L	Lucernario	56.0	3.80	0.62	Estimado	Estimado
LUCERNARIO M	Lucernario	8.0	3.80	0.62	Estimado	Estimado
LUCERNARIO S	Lucernario	1.0	3.80	0.62	Estimado	Estimado



### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		128.4	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		144.6	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	4860.0
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		203.1	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

### 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m²]	Perfil de uso
Edificio	13274.89	Intensidad Media - 16h

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	B3	Uso	Intensidad Media - 16h
----------------	----	-----	------------------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<div><div>&lt; 9.0A</div><div>9.0-14.6B</div><div>14.6-22.4C</div><div>22.4-29.2D</div><div>29.2-35.9E</div><div>35.9-44.9F</div><div>&gt; 44.9G</div></div>	25.2 D	CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	C	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	C	
		8.93		1.12		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]	Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	E	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	-
			15.17		0.00	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	25.23	334864.46
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	0.00	0.00

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>&lt; 44.1A</div><div>44.1-71.7B</div><div>71.7-110.3C</div><div>110.3-143.4D</div><div>143.4-176.5E</div><div>176.5-220.6F</div><div>≥ 220.6G</div></div>	148.9 E	CALEFACCIÓN		ACS			
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	C		
		52.73		6.64			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	E	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
				89.54		0.00	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>&lt; 9.4A</div><div>9.4-15.3B</div><div>15.3-23.6C</div><div>23.6-30.7D</div><div>30.7-37.8E</div><div>37.8-47.2F</div><div>≥ 47.2G</div></div>	<div>34.7E</div>	<div><div>&lt; 22.2A</div><div>22.2-36.1B</div><div>36.1-55.5C</div><div>55.5-72.2D</div><div>72.2-88.8E</div><div>88.8-111.0F</div><div>≥ 111.0G</div></div>	<div>66.3D</div>
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Fecha  
Ref. Catastral

12/06/2020  
8937901YJ2783H0001AD

Página 5 de 7



## 5. DISCUSIÓN. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

Como se ha podido observar en el nuevo certificado energético, hay una mejora considerable en cuanto a la tasa de refrigeración mientras que la tasa de calefacción ha empeorado ligeramente. Al no poder diseñar sistemas de protección que permitan la entrada de radiación positiva al mismo tiempo que obstruyen la radiación negativa, este es el mejor resultado posible.

En este apartado se va a realizar un análisis y comparación de la mejora que aporta cada sistema respecto al certificado original obtenido sin protecciones solares. Para ello se estudia las demandas energéticas de calefacción y refrigeración que provienen de fuentes de energía primaria no renovables obtenidas en cada certificado.



2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE					
Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.					
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	C
		51.86		6.64	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	F	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
115.15	0.00				
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]					

Imagen de elaboración propia. Calificación original sin protecciones.


2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE					
Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.					
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
 <div>&lt; 44.1 <b>A</b></div> <div>44.1-71.7 <b>B</b></div> <div>71.7-110.3 <b>C</b></div> <div>110.3-143.4 <b>D</b></div> <div>143.4-176.5 <b>E</b></div> <div>176.5-220.6 <b>F</b></div> <div>≥ 220.6 <b>G</b></div>	149.3 <b>E</b>	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	C
		52.72		6.64	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	E	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
		89.96		0.00	

Imagen de elaboración propia. Calificación con el sistema de protecciones "sur".

Se puede detectar directamente una mejora considerable en la demanda de refrigeración ya que ha disminuido desde 115.15 kW/m² año a 89.96 kW/m² año, esto significa que se ha producido un ahorro de 25.19 kW/m² año (21.87%). Sin embargo, en cuanto a la demanda de calefacción se ha producido un aumento de 0.86 kW/m² año (0.016%), lo cual es de esperar ya que se está reduciendo la cantidad de radiación solar que penetra directamente hacia el interior del edificio. En total, se genera un ahorro de 24.3 kW/m² año (16.27%) en cuanto a la climatización global.

## 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>&lt; 44.1A</div><div>44.1-71.7B</div><div>71.7-110.3C</div><div>110.3-143.4D</div><div>143.4-176.5E</div><div>176.5-220.6F</div><div>≥ 220.6G</div></div>	148.9 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	C
		52.73		6.64	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	E
		89.54	0.00		

Imagen de elaboración propia. Calificación con protecciones sur y sudoeste.

Con la protección textil incorporada en la fachada sudoeste de la pasarela, se genera una ligera mejora de la demanda de refrigeración de 0.15 kW/m² año (0.0017%) al mismo tiempo que un empeoramiento de la demanda de calefacción de 0.10 kW/m² año (0.0029%), con una mejora global de 0.40 kW/m² año respecto a la demanda total. Esto equivale a un aportación positiva de 0.003%. A pesar de estar protegiendo una gran superficie acristalada, la aportación global es no es muy notable debido a que solo está actuando sobre un 0.0095% de la superficie total en planta del edificio.

Cabe destacar que estos resultados no son del todo reales ya que para la fachada P1 se ha tomado como válido una máscara de sombras que obstruye el 100% de la radiación incidente. En la realidad el sistema propuesto actúa como un tamiz para la radiación solar reduciendo porcentualmente la radiación solar incidente.

## 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>&lt; 44.1 A</div><div>44.1-71.7 B</div><div>71.7-110.3 C</div><div>110.3-143.4 D</div><div>143.4-176.5 E</div><div>176.5-220.6 F</div><div>≥ 220.6 G</div></div>	148.9 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	C
		52.73		6.64	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	E	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
89.54	0.00				
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]					

Imagen de elaboración propia. Calificación con protecciones sur, sudoeste y este.

En este certificado se puede observar que la hipótesis planteada anteriormente en el diseño de las protecciones para la fachada este ha resultado ser correcta, pues no se detecta ninguna mejora respecto a la demanda energética del edificio. Debido a estos resultados, no se ha procedido con el diseño de un sistema de protecciones para los huecos con orientación sudoeste de los bloques norte y sur.

Se adjunta una tabla resumen de cada intervención expresado en kW/m<sup>2</sup> año

	DEMANDA CALEFACCIÓN	DEMANDA REFRIGERACIÓN	DEMANDA TOTAL
SIN PROTECCIÓN	51.86	115.15	173.60
PROTECCIÓN SUR	52.72	89.96	149.30
PROTECCIÓN SUR + SUDOESTE	52.73	89.54	148.90
PROTECCIÓN SUR + SUDOESTE + ESTE	52.73	89.54	148.90
DIFERENCIA	+0.87	-25.61	24.74

Tras interpretar los resultados, es evidente que las protecciones diseñadas para las fachadas con una orientación sur aportan una mejora importante en cuanto a la demanda energética del edificio, mientras que la protección textil de la fachada sudoeste de la pasarela solo aporta un ligero aumento de la eficiencia energética. Además, se ha detectado que las protecciones en las fachadas con una orientación este no presentan ninguna influencia sobre la demanda energética global y por tanto se determina que son redundantes.

Ahora es necesario determinar si la colocación de estos sistemas de protección aportan un ahorro económico una vez transcurrido su periodo de amortización que en este caso es de 5 años.

Para ello se estima el valor del kW/h en 0.1527€ según las fuentes consultadas para poder calcular el coste de climatización del edificio sin y con protecciones tal como se adjunta a continuación.

	SIN PROT. (kW/h)	CON PROTEC. (kW/h)	DIF.	kW/h (€)	SUPERF. (m <sup>2</sup> )	AHORRO (€/año)
CALEFACCIÓN	51.86	52.73	+0.87	0.1527	13274.89	-1763.55
REFRIGERACIÓN	115.15	89.54	-25.61	0.1527	13274.89	51913.41
TOTAL	173.60	148.90	24.74			50149.85

Esto significa que con la instalación de las protecciones solares se ahorra aproximadamente 50.150,00€ cada año. Se procede con el cálculo del coste que supone instalar estos sistemas en el edificio estudiado. Si el coste de instalación de todas las protecciones resulta ser mayor que el ahorro económico tras 5 años se deduce que el sistema no es rentable y por lo cual no se llevará a cabo.

Se ha estimado el coste de instalación de las protecciones solares en las fachadas con orientación sur alrededor de 400€ para cada unidad incluyendo el coste de mano de obra, materiales etc.

Para la instalación de la protección textil conformado por láminas de EFTE se ha estimado un coste de 550€/m<sup>2</sup> incluyendo el coste de manos de obra, materiales etc., tal como se ha hecho para las demás protecciones.

En la siguiente table se expone el coste aproximado de la instalación de cada sistema.

	€/UNIDAD	UNIDADES	COSTE (€)	AMORTIZACIÓN 5 AÑOS (€)
FACHADAS SUR	400	190	76000	
FACHADA SUDOESTE	550	91.2	50160	
TOTAL			126160	630800

Los resultados indican que el el coste de instalación de las dos tipologías de protecciones solares se aproxima a 126.160,00 €, por lo que el ahorro que supone instalarlos ha de ser mayor a 630.800,00€ después de 5 años. Esto se puede calcular con una simple división entre el coste de instalación multiplicado por 5 y el ahorro/año multiplicado por 5:

$$\frac{126160€ \times 5 \text{ años}}{50149.85€ \times 5 \text{ años}} = \frac{630800}{250749.25} = 2.51 \text{ años} < 5 \text{ años}$$

## **6. CONCLUSIONES.**

Todo el aprendizaje teórico que ha supuesto este trabajo ha permitido realizar un estudio de un caso real donde se ha llevado a cabo el análisis exhaustivo de un edificio existente que presenta una posibilidad de mejora energética en cuanto a su climatización, debido al uso indebido de vidrio en sus fachadas y carencia de protecciones solares.

Gracias al procedimiento práctico llevado a cabo, se ha podido generar un certificado de eficiencia energética simplificada para corroborar que se trataba de un edificio desfavorable en cuanto a la cantidad de radiación solar que recibe, ya que incide una cantidad elevada de radiación hacia su interior a través de sus numerosos huecos presentes en sus fachadas.

Tras estudiar la orientación de cada una de sus fachadas, las trayectorias solares, la geometría de los huecos entre muchos otros datos e información, se ha podido diseñar sistemas de protección solar que contestan directamente a las necesidades morfológicas de cada orientación. Estas protecciones son capaces de reducir en cierta medida la entrada de radiación solar indeseada al mismo tiempo que mantienen la incidencia de radiación aprovechable.

Una vez diseñado los sistemas de protección solar, se realiza una comparación entre el certificado energético obtenido originalmente del edificio sin protecciones y el certificado obtenido tras incorporar hipotéticamente las protecciones solares. Mediante esta comprobación se demuestra una mejora en cuanto a la demanda energética destinada a la climatización y la sostenibilidad del edificio. Estos resultados significan una reducción del consumo energético y en las emisión de dióxido de carbono a la atmósfera mejorando así el comportamiento ecológico del conjunto.

El trabajo realizado deja en evidencia la importancia fundamental de proyectar una arquitectura capaz de adaptarse a su entorno y aprovechar la energía solar favorable al mismo tiempo que evita el exceso energía solar que produce sobrecalentamientos. Esto tiene un impacto positivo no solo respecto al consumo energético y coste económico, sino favorece el bienestar y salud general de las personas que ocupan el interior de estas arquitecturas.

Sin embargo, no se puede ignorar directamente a los edificios existentes que cuentan con una posibilidad de mejora energética en este aspecto, sino que es necesario intervenir, corregir y mejorarlos. Este trabajo demuestra que con ligeras intervenciones se puede conseguir una mejora considerable en edificios ya contruidos sin tener que modificar la composición característica que puedan presentar. Sin duda, este tipo de estudio permite dar un paso adelante hacia una arquitectura más sostenible y ecológica.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

### Libros y publicaciones.

**Higón Calvet, José Luis.** (2016) *Cálculo y diseño de protecciones solares.*

**Higón Calvet, José Luis.** (2003) *Contribuciones al estudio del asoleo geométrico. Procedimientos para el cálculo del factor de obstrucción solar. Aplicaciones.*

**Blat Pizarro, Juan Salvador.** (2006) *Fernando Moreno Barberá: modernidad y arquitectura.* Barcelona: Fundación Arquia.

**Montañés Navarro, J.** (2015) *Eficiencia de los sistemas de protección solar en la arquitectura de Fernando Moreno Barbera en el Campus de Blasco Ibañez. Estudio de casos concretos.*

*Proyecto integral IASO.* (2016) *ETFE, la arquitectura transparente.*

*Consejo general de la arquitectura técnica de España.* (2019) *Guía-Siete-Llaves-para-un-edificio-saludable.*



### Recursos electrónicos.

Coacv. 1925-2005. *Arquitectura moderna y contemporánea de la Comunitat Valenciana*. Autores múltiples. < <http://www.coacv.org/docs/amccv/amccv/arquitectos1.htm>>

Wicon. News. *Wicon's Zero Energy Buildings*. <[www2.wicon.com/en/uk/wicon/news-overview/zero-energy-buildings/](http://www2.wicon.com/en/uk/wicon/news-overview/zero-energy-buildings/)>

IDAE. *Consumos del Sector Residencial en España. Resumen de Información Básica*. <[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Documentacion\\_Basica\\_Residencial\\_Unido\\_c93da537.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf)>

IDAE. *Proyecto sech-spahousec. Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. <[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Informe\\_SPAHOUSEC\\_ACC\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf)>

*El diario. ¿Esto es una escuela de calor? Desarrollan medidas para evitar las altas temperaturas en las aulas. Alicia Avilés Pozo / Teresa Sánchez Garzón*. <[https://www.eldiario.es/castilla-la-mancha/soluciones-alumnado-sufra-temperaturas-insoportables\\_1\\_1509297.html](https://www.eldiario.es/castilla-la-mancha/soluciones-alumnado-sufra-temperaturas-insoportables_1_1509297.html)>

*El país. Altas temperaturas. Alerta contra el calor en las aulas. Javier Martín-Arroyo*. <[https://elpais.com/sociedad/2019/10/07/actualidad/1570474631\\_305200.html](https://elpais.com/sociedad/2019/10/07/actualidad/1570474631_305200.html)>

*El país. Salud. Edificios enfermos: estos son los problemas de salud que nos contagian las casas y oficinas. Verónica Palomo*. <[https://elpais.com/elpais/2019/10/17/buenavida/1571316616\\_815684.html](https://elpais.com/elpais/2019/10/17/buenavida/1571316616_815684.html)>

*Abc. Ciencia. Síndrome del edificio enfermo: cuando el foco de la infección es el trabajo. Pedro Gargantilla*. < [https://www.abc.es/ciencia/abci-sindrome-edificio-enfermo-cuando-foco-infeccion-trabajo-201908050147\\_noticia.html](https://www.abc.es/ciencia/abci-sindrome-edificio-enfermo-cuando-foco-infeccion-trabajo-201908050147_noticia.html)>

*Cicconstruccion. Construcción sostenible. El síndrome del edificio enfermo ya afecta a los ocupantes del 30% de los inmuebles modernos*. <<http://www.cicconstruccion.com/es/notices/2019/12/el-sindrome-del-edificio-enfermo-ya-afecta-a-los-ocupantes-del-30-de-los-inmuebles-modernos-72118.php#.XwBKvigzZPa>>

*Depfiscayquimica.blogspot. Fundamento físico de la gráfica de la ecuación del tiempo del reloj de sol de Pozoblanco. Antonio M<sup>a</sup> Calero*. <<http://depfiscayquimica.blogspot.com/2010/07/?m=1>>

*Olardat.uoregon.edu. Sun Chart Path Program. University of Oregon. Solar Radiation Monitoring Laboratory*. <http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.php>

*Arquitextil. Arquitectura Textil. Palacio de congresos Palencia. Lastra y Zorrilla*. <[arquitextil.net/portfolio/palacio-congresos-plasencia/](http://arquitextil.net/portfolio/palacio-congresos-plasencia/)>

*Starck. Architecture. Le Nauge. Starck Network*. <[Starck.com/le-nuage-montpellier-p2319](http://Starck.com/le-nuage-montpellier-p2319)>

### Fuentes de imágenes.

**Imágenes 1-6.** IDAE. Proyecto sech-spahousec. Análisis del consumo energético del sector residencial en España.

<[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Informe\\_SPAHOUSEC\\_ACC\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf)>

**Imagen 7.** El diario. ¿Esto es una escuela de calor? Desarrollan medidas para evitar las altas temperaturas en las aulas. **Alicia Avilés Pozo / Teresa Sánchez Garzón.**

<[https://www.eldiario.es/castilla-la-mancha/soluciones-alumnado-sufrir-temperaturas-insoportables\\_1\\_1509297.html](https://www.eldiario.es/castilla-la-mancha/soluciones-alumnado-sufrir-temperaturas-insoportables_1_1509297.html)>

**Imagen 8.** Cicconstruccion. Construcción sostenible. El síndrome del edificio enfermo ya afecta a los ocupantes del 30% de los inmuebles modernos.

<<http://www.cicconstruccion.com/es/notices/2019/12/el-sindrome-del-edificio-enfermo-ya-afecta-a-los-ocupantes-del-30-de-los-inmuebles-modernos-72118.php#.XwBKvigzZPa>>

**Imagen 9.** El país. Altas temperaturas. Alerta contra el calor en las aulas. **Javier Martín-Arroyo.**

<[https://elpais.com/sociedad/2019/10/07/actualidad/1570474631\\_305200.html](https://elpais.com/sociedad/2019/10/07/actualidad/1570474631_305200.html)>

**Imagen 10.** El país. Salud. Edificios enfermos: estos son los problemas de salud que nos contagian las casas y oficinas. **Verónica Palomo.**

<[https://elpais.com/elpais/2019/10/17/buenavida/1571316616\\_815684.html](https://elpais.com/elpais/2019/10/17/buenavida/1571316616_815684.html)>

**Imagen 11.** “Estrategias gráficas de diseño de protecciones solares para la evaluación del comportamiento energético en edificios existentes”, **Marta Asensi Izquierdo.**

**Imagen 12.** “Estrategias gráficas de diseño de protecciones solares para la evaluación del comportamiento energético en edificios existentes”, **Marta Asensi Izquierdo.**

**Imagen 13.** Wordpress. **Pedro Hernández.**

<[pedrojherandez.files.wordpress.com/2014/03/givoni11.png](http://pedrojherandez.files.wordpress.com/2014/03/givoni11.png)>

**Imagen 14:** Estudio sobre el cálculo y diseño de Protecciones solares. **José Luis Higón Calvet**

**Imagen 15.** Google maps.

**Imagen 16.** Google maps.

**Imagen 17.** Google maps.

**Imagen 18.** Google maps.

**Imágenes 19-20.** Arquitectil. Arquitectura Textil. Palacio de congresos Palencia. **Lastra y Zorrilla.**

<[arquitectil.net/portfolio/palacio-congresos-plasencia/](http://arquitectil.net/portfolio/palacio-congresos-plasencia/)>

**Imágenes 21-22** Proyecto integral IASO. (2016) ETFE, la arquitectura transparente.

**Imágenes 23-24** Starck. Architecture. Le Nauge. **Starck Network.** <[Starck.com/le-nuage-montpellier-p2319](http://Starck.com/le-nuage-montpellier-p2319)>